N° 23 15 DECEMBRE 1933

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

DIRECTEUR : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Le créateur de la radiotélégraphie militaire.

Hommage au général Ferrié [1].

Il y a un an environ, la Ville de Paris donnait à l'avenue où nous sommes réunis le nom du Général Ferrié. Dès cette époque, les amis et les admirateurs de l'illustre soldat pensaient à élever un monument perpétuant sa mémoire. Un comité se forma dans ce but, et une souscription fut lancée qui permettra en outre, nous en avons plus que l'espérance, de réaliser le projet d'une fondation d'ordre scientifique, portant le nom de Gustave Ferrié.

Notre Comité eut tout d'abord à trouver un emplacement pour le monument. Nous n'avons eu dans nos désirs aucune hésitation. C'est sur le Champ de Mars que Ferrié en 1899 s'était installé dans une petite baraque en bois avec ses appareils rudimentaires de radiotélégraphie, humble commencement d'une grande œuvre. Plus tard, pendant la guerre, le Champ de Mars a été le centre de travail préféré du Général. De la modeste cabane du début, il a fait le grand poste souterrain de la Tour Eiffel, qui servit de modèle au monde entier, poste d'où sortirent tant de techniques nouvelles, et où furent créés les appareils qu'adoptèrent ensuite les armées alliées. Nous avons donc demandé au Conseil Municipal de nous autoriser à élever ici le monument projeté. Il a bien voulu regarder ce terrain comme distinct en quelque sorte du Champ de Mars et prolongeant le poste radioélectrique. Celui que nous honorons aujourd'hui est ainsi sur le lieu même de son immense labeur. Je crois être l'interprète de tous en disant notre reconnaissance à la Municipalité parisienne, et en adressant aussi nos remerciements à M. le Conseiller Chérioux qui nous a grandement aidés dans nos démarches.

Dans le monument que nous avons sous les yeux un artiste éminent, le maître Sicard, a rendu avec un rare bonheur les traits du Général. Nous retrouvons dans ce beau buste cette physionomie où apparaissaient tout à la fois l'autorité et la bonté. L'élégant motif architectural autour de la stèle est l'œuvre du maître renommé Albert Tournaire, et je me reprocherais d'oublier M. Balmain, l'actif entrepreneur, compatriote et ami de Ferrié, qui a dirigé les travaux avec un soin tout particulier.

Ce monument que nous avons tenu à faire simple, bien en accord avec le caractère du Général et conformément aux intentions de Mme Ferrié, à qui j'adresse le salut respectueux du Comité, ce monument, dis-je, est grand par les souvenirs qu'il évoque. Les inscriptions placées au-dessus du buste et sur le mur rappellent les principaux travaux du Général. Nous honorons d'abord dans Ferrié le créateur de la radiotélégraphie militaire; c'était là le titre auquel il tenait le plus, car soldat il était avant tout. Nous l'avons inscrit au-dessus de son effigie. On ne saurait trop redire quelle volonté opiniâtre représente une telle création. Tout était à faire dans ce domaine, et les obstacles se dressèrent nombreux sur la route que Ferrié allait parcourir. Avec une

1. Discours prononcé par M. Emile PICARD, de l'Académie française, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, président du Comité du monument du général Ferrié, à l'inauguration de ce monument au Champ-de-Mars.

énergie jamais lassée, il triompha peu à peu des difficultés et des mauvaises volontés qu'un novateur comme lui rencontre presque toujours sur son chemin.

On a raconté maintes fois la carrière de Ferrié, où se conjuguèrent harmonieusement la science et la technique, en même temps qu'un patriotisme ardent et une psychologie jugeant avec finesse les hommes et les choses. Peu de temps après sa sortie de l'Ecole Polytechnique comme officier du Génie, il s'était spécialisé dans l'électricité. Il ne tarda pas à s'attacher aux problèmes que posait la découverte de la télégraphie sans fil, et il en pressentit un des premiers le grand avenir. Ferrié fit de bonne heure œuvre scientifique avec l'invention de son détecteur électrolytique, ingénieux appareil permettant la réception des signaux par l'oreille, ce qui constitua à cette époque un progrès considérable.

Dans l'ordre scientifique comme dans l'ordre technique, Ferrié fut un animateur incomparable pour les nombreuses compétences qu'il avait su grouper autour de lui. Il fut vraiment un entraîneur d'hommes, donnant un bel exemple d'un travail collectif, infiniment fécond, où le chef, toujours d'un absolu désintéressement, savait conseiller et écouter ses savants collaborateurs.

Quoique Ferrié ait consacré la plus grande partie de son labeur à la télégraphie militaire, il s'intéressa toujours aux études variées trouvant leur origine dans les travaux de Maxwell et de Hertz sur les ondes électriques, ondes d'autant plus mystérieuses que la science tend aujourd'hui à rejeter le support éthéré servant à leur propagation. De bonne heure, les problèmes qui touchent à la mesure du temps en astronomie et en géophysique sollicitèrent son attention. Quand le Bureau des Longitudes eut mis à l'ordre du jour l'application de la télégraphie sans fil à la distribution de l'heure et eut fait décider l'envoi de signaux horaires par l'Observatoire de Paris, Ferrié fut au premier rang des réalisateurs, poussant même la précision à un point qui permet de mesurer la vitesse de propagation des ondes hertziennes. Ferrié fut aussi l'âme d'une opération internationale, ayant pour objet de déterminer avec une grande précision, par télégraphie sans fil, la position de points convenablement choisis de la surface terrestre; cette opération, reprise de temps à autre, pourra donner d'utiles renseignements sur les variations de cette surface et peut-être sur la dérive des continents qu'admet une théorie assez en honneur aujourd'hui. Cette dérive, si elle existe, opère-t-elle toujours dans le même sens, ou, sur notre Terre vieillie, le phénomène n'a-t-il plus guère d'ampleur, et tend-il à prendre un caractère périodique? La radiotélégraphie permettra sans doute un jour de répondre à ces questions qui intéressent hautement la géophysique.

Dans combien d'autres directions nous pourrions encore montrer l'incessante activité du général toujours en quête de nouveaux progrès. Rappelons les heureux essais sur une lunette de l'Observatoire de Paris, où on cherchait à substituer à l'astronome, toujours affecté d'une erreur personnelle, une cellule photo-électrique, dont le courant, mis en action par la lumière de l'étoile, était amplifié par des lampes triodes. Un grand avenir semble réservé à des recherches de ce genre.

Des études, dont on ne pouvait guère attendre d'applications, ne passionnaient pas moins Ferrié que des problèmes d'ordre pratique. Je le vois encore, peu de temps avant sa mort, discutant au Bureau des Longitudes sur la question des *échos retardés*, c'est-à-dire des échos se manifestant parfois en télégraphie sans fil plusieurs secondes après la perception du signal principal. Certains expliquent ces échos par des réflexions sur des groupes d'électrons situés en dehors de notre atmosphère plus loin même que la lune; Ferrié les rapportait au contraire à de faibles vitesses de propagation se produisant par un mécanisme assez complexe dans les couches élevées de l'atmosphère terrestre, et il n'avait pas manqué d'appeler sur ce phénomène l'attention des observateurs dans de récentes éclipses de soleil.

Outre le soldat, le savant et le technicien, il y avait encore chez Ferrié un diplomate d'une rare habileté. Dans les nombreuses Commissions internationales qu'il présidait, son autorité et son influence réussirent maintes fois à aplanir de graves difficultés et à calmer les susceptibilités les plus ombrageuses.

Telle fut la vie si bien remplie de Gustave Ferrié. Il n'a pas hélas! assez ménagé ses forces, et la mort est venue le surprendre avant l'heure en pleine activité. Mais son nom reste à jamais attaché à une œuvre que continuent ses collaborateurs et ses élèves, et il laisse l'admirable exemple d'une volonté tenace associée à une brillante intelligence, dont le principal souci fut la grandeur de notre pays. C'est ce que commémore avant tout le monument que nous remettons à la Ville de Paris.

Emile PICARD,
de l'Académie française,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

§ 2. — Sciences physiques.

Sur l'économie du procédé à cascade pour la liquéfaction des gaz.

Trois méthodes générales peuvent à l'heure actuelle être utilisées pratiquement pour la liquéfaction des gaz difficilement liquéfiables, qu'on désignait autrefois sous le nom de gaz permanents : la méthode des cascades, la méthode de détente sans travail et la méthode de détente avec travail.

La méthode des cascades suppose l'utilisation rationnelle du froid produit par l'évaporation successive de gaz de point critique de plus en plus bas; l'évaporation rapide sous pression réduite d'un gaz liquéfié A fournit une température inférieure à sa température d'ébullition normale et, par suite, à sa température critique, ce qui permet de liquéfier un autre gaz B dont la température critique soit inférieure à celle de A.

L'évaporation du gaz B liquéfié permet à son tour de liquéfier un troisième gaz C dont la température critique soit plus basse encore, et ainsi de suite. Bien entendu, dans la pratique, il y a lieu de récupérer, par refroidissement et compression, les liquides évaporés; chacun de ces liquides décrit une série de cycles fermés qui le font passer successivement de l'état liquide à l'état gazeux et de l'état gazeux à l'état liquide, d'où le nom de méthode des cycles donné quelquefois à la méthode utilisée.

La méthode par détente sans travail extérieur, appliquée dans la machine de Linde, utilise, pour la liquéfaction d'un gaz, l'abaissement de température que produit la détente sans travail extérieur du même gaz préalablement comprimé. La méthode par détente avec travail extérieur, appliquée dans l'appareil de Claude, met en œuvre, pour liquéfier un gaz, le froid produit par la détente du même gaz préalablement comprimé, cette détente s'effectuant dans une machine où elle sert à produire du travail.

Jusqu'ici, la détente avec ou sans travail extérieur, dans les appareils de Claude et de Linde, était seule utilisée industriellement; la méthode des cascades restait confinée au laboratoire, son utilisation systématique à Leyde ayant conduit au plus beau succès, puisqu'elle a permis de liquéfier et même de solidifier tous les gaz. Mais, récemment, M. A. Huguenin a réalisé, sur une échelle industrielle, le procédé à cascades pour la production d'azote liquide comme agent auxiliaire dans la séparation de l'air. Il était dès lors intéressant de comparer les valeurs pratiques des trois procédés dont on dispose à l'heure actuelle. C'est ce que vient de faire M. Keesom[1] dans un mémoire paru dans le *Bulletin de l'Institut international du froid*, publication bimensuelle où l'on trouve tout ce qui paraît dans le monde entier concernant les basses températures et sur laquelle nous ne saurions trop attirer l'attention de ceux qui s'intéressent à ces basses températures, tant du point de vue théorique que du point de vue pratique.

L'éminent directeur du Laboratoire Kamerlin Onnes à Leyde a entrepris une analyse approfondie du procédé à cascades, afin de pouvoir établir une comparaison avec les procédés Linde et Claude. Bien que dans les travaux techniques on rencontre de temps à autre une remarque signalant l'économie supérieure du premier procédé par rapport aux deux autres, des données précises sur ce sujet n'avaient pas été publiées jusqu'ici.

En confrontant l'ensemble des données relatives à chacun des procédés pour le détail desquels nous renverrons au mémoire original, l'auteur arrive aux conclusions suivantes pour l'énergie nécessaire à la production d'un kilogramme d'azote liquide sous la pression de 1 atmosphère à partir d'azote gazeux à 25° C et 1 atmosphère :

1. H. Keesom : *Bulletin de l'Institut international du froid*; juin 1933.

Procédé à cascades, 0,73 cheval-heure.
Procédé Linde, 1,41 cheval-heure.
Procédé Claude, 1,19 cheval-heure.

Dans le tableau précédent, il s'agit du procédé Linde avec cycles à haute et à moyenne pression et prérefroidissement à — 31° C à l'aide d'une machine frigorifique à ammoniac; le chiffre indiqué peut être ramené à 1,15 cheval-heure en poussant le refroidissement à — 50° C. Dans tous les cas, les chiffres précédents établissent nettement la supériorité du procédé à cascade du point de vue économique.

A. B.

§ 3. — Sciences médicales.

Le problème du goitre.

Une conférence internationale du goitre vient de se tenir à Berne. Malgré la compétence de ceux qui y ont parlé, malgré la rigueur des investigations auxquelles on se livre un peu partout, ce congrès ne nous a pas encore apporté, semble-t-il, la solution définitive du problème que le goitre nous pose. Il est des maladies qui semblent faites pour montrer combien la médecine éprouve de difficultés à éclaircir des questions qu'elle semblerait pouvoir résoudre aisément, en raison du matériel considérable sur lequel elle travaille. Nous savons déjà que nos connaissances au chapitre du cancer ne s'accroissent qu'avec une lenteur décevante, malgré l'acharnement que savants et praticiens mettent à scruter son origine et sa nature. Toutes proportions gardées en ce qui concerne la gravité des deux maladies, on peut en dire autant du goitre. Voici cependant des siècles et des siècles qu'on l'observe, qu'on est à même de l'étudier chez un grand nombre de sujets, notamment dans certains pays parfaitement connus, et il serait peut-être audacieux de dire que nous sommes, à son égard, eaucoup plus avancés qu'il y a cent ans.

Le goitre est, en effet, quelque chose qui ne saurait passer inaperçu. Cette grosseur qui déforme la partie antérieure du cou accroche inévitablement le regard. Tantôt c'est un simple empâtement diffus, peu accentué, simple de lignes, qui ne fait qu'exagérer la silhouette habituelle de la région. Certains peintres, ne croyant certainement pas représenter quoi que ce soit de pathologique, l'infligent même à leurs figures, ce qui semble bien démontrer que l'apparence n'est pas toujours déplaisante. Souvent Ingres procède de la sorte, ne serait-ce que dans sa *Thétis implorant Jupiter* ou dans son *Andromède*. Plus importante, la tuméfaction devient nettement anormale. Ce l'est tout à fait quand la grosseur fait une saillie notable, plus ou moins détachée de l'ensemble. Il est des goitres énormes, qui pendent littéralement devant le cou, soit sur la ligne médiane, soit d'un côté seulement. Il en est d'irréguliers, de bossués, de lobulés, qui accusent l'aspect disgracieux et presque repoussant de la difformité. Quelques-uns se voient chez des personnes par ailleurs parfaitement nor-

males, d'autres s'observent chez des dégénérés-types, dont les difformités physiques ont pour corollaire des difformités psychiques. Léonard de Vinci s'est plu à dessiner les uns et les autres.

Qu'est-ce que le goitre? Une hypertrophie généralisée ou localisée de cette glande close (dite « à sécrétion interne ») dont nous apprécions aujourd'hui l'énorme importance dans l'ensemble des fonctions du corps humain alors qu'autrefois on la considérait comme une sorte de résidu, de rebut sans valeur qui n'avait d'autre intérêt que d'être justement le siège, de temps en temps, de ce développement bizarre. J'ai nommé la glande thyroïde. Elle se compose de deux sortes de tissus : des éléments glandulaires englobés dans une charpente conjonctive qui joue le rôle de soutien. C'est le plus souvent la glande proprement dite qui est le siège de la tumeur; dans d'autres cas, c'est le tissu conjonctif indifférent. Dans cette dernière hypothèse, les éléments glandulaires, étouffés par l'exubérance de leur voisinage, ne remplissent plus leurs fonctions. Dans l'autre, il semblerait qu'ils la dussent exagérer. S'il en est ainsi dans une forme tout à fait particulière de goitre qui est le goitre exophtalmique et que je laisserai entièrement de côté aujourd'hui, dans le goitre commun c'est encore très souvent à une déficience que l'on a affaire, parce que l'hypertrophie de la glande aboutit à des dégénérescences qui altèrent son fonctionnement.

Le goitre est une tumeur bénigne. Entendons par là qu'en elle-même, par ses constituants, elle ne met pas en cause la vie de son possesseur. Il n'en reste pas moins que par sa grosseur et par son siège seuls elle peut parfaitement provoquer des accidents sérieux. Il en est surtout ainsi quand son développement se fait non seulement au dehors, mais en dedans. Là, en effet, elle comprime des organes importants comme la trachée ou les vaisseaux du cou. Il se produit des désordres qui ne sauraient être traités par le simple mépris. Lorsque les moyens médicaux se montrent insuffisants, la chirurgie entre en scène, et la chose est assez fréquente pour qu'un seul chirurgien ait pu présenter dernièrement une statistique de plus de mille opérations de ce genre.

Mieux serait encore d'éviter le goitre et spécialement dans les régions montagneuses où il est si fréquent qu'on a pu lui appliquer l'épithète d'endémique. C'est dans ces pays surtout que l'on voit aussi les dégénérescences s'accuser de telle façon que s'ensuivent des déficiences psychiques graves, qu'on ne saurait mieux caractériser que par le mot spécifique de crétinisme. Certes, bon nombre de goitreux ont une mentalité normale et d'autre part tous les crétins ne sont pas, en apparence du moins, des porteurs de goitres, mais l'association des deux tares pathologiques n'est pas rare.

Dans certaines régions, ai-je dit. Ce sont toujours des régions montagneuses et il est dans les Alpes françaises, suisses, italiennes, des cantons où l'on ne saurait séjourner quelque temps sans rencontrer quelques crétins et beaucoup de goitreux. Certains ont même pensé que l'on pouvait distinguer plus exactement les lieux privilégiés où le goitre abonde et préciser les caractéristiques géographiques liées à cette pathologie spéciale. Laissons cela et ajoutons que les Alpes n'ont, en cela, aucun monopole, que cette difformité a été très étudiée en Italie, aux Indes, en Suède, en Ecosse, aux Etats-Unis et dans bien d'autres pays encore.

Pour enrayer le développement de cette maladie, pour empêcher que les habitants de ces contrées n'en soient presque fatalement atteints à un degré quelconque, encore faudrait-il savoir ce qui la cause. C'est ici que les difficultés commencent. Autrefois on accumulait des causes probables sans ordre, sans discernement, sans preuves, et je ne résiste pas au plaisir de montrer à quel salmigondis on aboutissait, en citant quelques lignes d'un célèbre traité de pathologie, celui de Frank, d'après son édition de 1838.

« Le développement du goitre est favorisé par l'hérédité, l'enfance et la jeunesse, le sexe féminin, la menstruation difficile, la grossesse, le travail de l'enfantement, l'habitation dans les régions alpines, une température humide et chaude, le manque d'électricité de l'atmosphère, la boisson d'eau de neige, l'eau impure, la viande crue, grasse, salée, fumée, les cris, le rire, l'habitude de porter des poids sur la tête, la flexion violente de la tête, la toux et le vomissement, les affections tristes de l'âme, surtout le chagrin et la terreur, l'imagination... » Evidemment, en énumérant autant de motifs possibles, on avait des chances de trouver le bon, mais on ne s'occupait guère de le discerner.

Cependant, il y avait dans les observations auxquelles on se livrait alors des éléments qui ne variaient pas et c'étaient justement ceux qui découlaient de l'habitation dans les vallées élevées. C'était donc, dans le plan géographique ou mieux encore géologique qu'il fallait chercher. Il était indiqué de mettre en cause le sol, l'eau et les aliments.

C'est de cette façon presque exclusive que les recherches furent conduites et qu'elles continuent. Cependant, il ne faut pas oublier qu'il y eut un tournant de la médecine, coïncidant avec les admirables découvertes de Pasteur, où l'on crut que les microbes donneraient l'explication de tous nos maux. Le goitre ne devait pas échapper à cette emprise. Il semble bien pourtant qu'à son égard la question soit réglée. Il ne présente aucun des caractères des maladies infectieuses et, d'autre part, les recherches de laboratoire comme les expérimentations les plus délicates n'ont jamais mis en évidence l'agent microbien qui pourrait être incriminé.

On a alors porté les investigations vers les substances dites « goitrigènes » qui existeraient dans l'eau des torrents des pays spécialement frappés. On en a mis plusieurs en avant, dont la chaux et la magnésie en excès. Cependant, il est des pays à goitre où ces substances n'existent dans l'eau qu'à un taux normal.

La plus récente hypothèse émise met en cause

la radioactivité intense des terrains dans ces régions. Nous ne connaissons là-dessus qu'un travail dû à M. Rüdin; et, bien qu'il semble abondamment documenté, c'est un peu court pour se faire une opinion. L'auteur admet que les eaux « à goitre » sont très radioactives, grâce à la présence d'émanations du radium en grande quantité. Des mesures prises dans la région de l'Allgau montrent la correspondance des deux accroissements : radioactivité des eaux, nombre des cas de goitre. Voilà le radium ou ses dérivés qui, après s'être imposés comme des curateurs de premier ordre, se montrent sous un tout autre jour, plutôt fâcheux. Cela rappellerait d'autres hypothèses récentes sur l'influence des radiations émanées du sol, mais il semble que l'on doive attendre là-dessus des études supplémentaires.

A côté de ces théories qui réclament une vérification, et de quelques autres, il en est une qui a pour elle son ancienneté et l'expérience thérapeutique, c'est celle qui attribue le goitre au défaut d'iode dans les eaux des régions en question et dans les aliments coutumiers de leurs habitants, la première de ces déficiences conditionnant selon toute apparence la seconde.

Il est assez curieux de constater que la thérapeutique, en cette matière, a précédé la découverte. Le traitement du goitre par l'iode se perd, on peut le dire, dans la nuit des temps. Les anciens employaient contre cette affection (et contre les écrouelles, qu'ils confondaient volontiers avec elle) la poudre d'éponges calcinées et Arnaud de Villeneuve prescrivait de même, au treizième siècle. Or c'est évidemment par l'iode contenu dans cette préparation que le remède agissait, car il agit. On ne le sut que lorsque Bernard Courtois eut découvert l'iode en 1813 et lorsque Coindet, médecin genevois, eut obtenu de J.-B. Dumas, alors débutant, l'assurance que les éponges contenaient bien le nouveau métalloïde. C'est Prévost qui, en 1849, émit la supposition que le goitre provenait du manque d'iode dans les aliments et les eaux de boisson. De là est née toute une méthode prophylactique très utilisée (et avec succès) dans certains pays comme la Suisse et qui consiste à donner de l'iode aux enfants (sous forme de sel iodé) pour éviter le goitre. Les premiers essais de préservation conduits de la sorte furent restaurés par Chatin en 1860. Plus tard, Kocher et Roux (de Genève) firent systématiquement appliquer cette cure prophylactique aux écoliers.

Les résultats, disais-je, sont bons, ce qui confirmerait la légitimité de la théorie. Une récente statistique d'Hammerli note que dans une école communale de Lensburg une première enquête faite avant que l'on usât du sel iodé montrait 20 % de sujets normaux, 67 % de faiblement touchés et 13 % de goitreux francs. Sept ans plus tard, la méthode étant intervenue, les proportions sont de 53 % de normaux, 43 % de goitreux faibles et 4 % de goitreux forts. Si l'on doit, en outre, reconnaître que, curativement, l'iode donne de bons résultats dans le goitre, il semble bien que l'explication basée sur la déficience iodée ait toutes chances d'exposer au moins une partie de la vérité.

Mais, dira-t-on, n'est-il pas simple de savoir si, oui ou non, les eaux, les légumes et quelques autres matières alimentaires contiennent moins d'iode dans les pays à goitre qu'ailleurs? Il faut croire que la chose n'est pas aussi facile qu'elle le paraît, si l'on en juge par les chiffres fournis. Il est certain que les recherches faites en Nouvelle-Zélande, par exemple, ont montré un rapport très net entre le défaut d'iode et le goitre, mais le *Medical Research Council*, ayant fait sur ce sujet une enquête, conclut qu'il y a rien de démontré avec certitude. Ainsi en est-il des autres constatations qui, suivant la région et les observateurs, donnent des conclusions peu convergentes.

La preuve définitive n'est donc pas encore intervenue, d'autant que l'auteur des statistiques citées plus haut, Hammerli, juge que, si favorables qu'elles soient, elles ne sont pas pleinement démonstratives. Sans abandonner cette notion du déficit d'iode, certains auteurs pensent qu'il est nécessaire que d'autres causes s'associent à celle-là. C'est ainsi qu'au dernier congrès du goitre M. Mac Carrisson a exposé qu'il fallait songer à une combinaison de causes pour expliquer la genèse de la maladie. Certaines substances alimentaires contiendraient des excès de graisses, de calcium, qui nécessiteraient, pour n'être pas sujets à caution, une activité accrue de la glande thyroïde, tandis que la nourriture commune des cantons à goitre ne comprendrait qu'en petites quantités les vitamines indispensables, ce qui mettrait justement la glande en question en état d'infériorité. L'iode parerait à ce péril, étant un excitant thyroïdien, s'il était dans ces aliments en proportion plus élevée. D'autres arrivent, comme conclusion de leurs recherches, à une conception du même genre qui ferait du goitre, de la carie dentaire qui l'accompagne souvent et du crétinisme aussi un groupe de symptômes dénonçant une nutrition viciée par défaut d'iode et de vitamines. Ce serait faire rentrer ces troubles dans le cadre des maux provoqués par une alimentation trop artificielle, par une mouture trop poussée des farines, par exemple, ou une préparation industrialisée de beaucoup de nos aliments. On ne voit pas bien comment il en serait ainsi du goitre, maladie tellement ancienne qu'elle a été observée bien des siècles avant la panification mécanique et l'essor des conserves, et qui sévit dans des régions où la nourriture très simple est très près de la nature.

Je n'ai pas l'intention, au demeurant, de discuter ces idées. Il reste que la déficience d'iode est une des causes les plus probables du goitre ou, si l'on veut, qu'un léger excès d'iode est susceptible de l'éviter. Pour le reste — car cela n'explique pas tout — il faut encore chercher malgré des études poursuivies pendant des siècles et qui ne nous ont pas permis de résoudre un problème ne se présentant pas, à première vue, comme particulièrement ardu. A mesure que nous semblons approcher du but, en cela

comme en tant d'autres questions scientifiques, les choses se compliquent. La médecine est particulièrement favorisée à cet égard. Elle peut continuer à méditer le texte du premier aphorisme d'Hippocrate : « L'art est long, la vie est courte, l'occasion passe vite, l'expérience est trompeuse et le jugement difficile ».

Docteur Henri BOUQUET.

§ 4. — Sciences diverses.

Recherches sur diverses questions d'hérédité à l'Institution Carnegie.

Le Départementt de Génétique de l'Institution Carnegie poursuit ses études sur diverses questions relatives à l'hérédité aux Etats-Unis.

On sait que la faculté d'invention est l'une des plus remarquables qualités innées d'une race. Dans un péril extrême, une nation peut avoir besoin d'une invention nouvelle qui la sauve de la destruction; malheureuse est celle dont la population ne peut fournir aucune réponse adéquate, faute de capacité d'invention. H.-H. Laughlin [1], aidé de Mlle E. Banta, a recherché récemment lesquels, parmi les éléments raciaux de la très cosmopolite population des Etats-Unis, présentent la plus grande proportion d'inventeurs. Pour cela il s'est adressé aux 10.000 premières personnes qui ont pris des brevets d'invention aux Etats-Unis en 1927, et il leur a demandé des renseignements sur leur généalogie, en particulier les races de l'Ancien Monde auxquelles pouvaient appartenir leurs ascendants. Il a obtenu 7.373 réponses, au moyen desquelles il a calculé des coefficients de capacité d'invention, en tenant compte de la proportion de chaque race représentée chez les patentés par rapport à la proportion de cette race dans la population totale des Etats-Unis.

Les indices de capacité d'invention obtenus sont les suivants : Français, 2,92; Suédois, 2,45; Hollandais, 1,97; Danois, 1,89; Allemands, 1,65; Norvégiens, 1,60; Suisses, 1,41; Irlandais, 1,11; Ecossais, 1,08; Anglais, 1,01; Gallois, 0,90; Australiens, 0,83; Russes, 0,72; Tchécoslovaques, 0,60; Italiens, 0,40; Polonais, 0,30; Belges, 0,20; Américains latins, 0,10; Africains, 0,03.

D'autre part, Laughlin a repris les recherches qu'il avait poursuivies il y a 10 ans sur la proportion des crimes dans les diverses races représentées aux Etats-Unis. Il a étudié cette fois les prisonniers au 1er octobre 1931, afin de se rendre compte si certaines dispositions de la loi de contrôle de l'immigration de 1924, adoptées en vue de diminuer la criminalité des étrangers, s'étaient montrées efficaces. Ses recherches établissent que l'indice racial de criminalité dont il se sert, qui était en 1921 de 109,91 pour les personnes nées de parents étrangers, est tombé à 70,83 en 1931, ce qui constitue une réduction très appréciable. Pour les émigrants du N.-O. de l'Europe, l'indice est tombé de 53,32 à 41,14, pour les Italiens, de 209,72 à 111,23. Les blancs nés en Amérique, dont un seul parent est né à l'Etranger, voient leur indice de criminalité s'abaisser de 113,67 à 73,75; pour ceux dont les deux parents sont nés à l'Etranger, il passe de 86,21 à 80,71. L'indice des Philippins, non mesuré en 1921, est de 230,43 en 1931. Toutes les races de couleur présentent de forts indices de criminalité. Il apparaît ainsi que le contrôle de l'immigration est l'une des mesures qui donnent le plus de résultats au point de vue eugénique.

L. BR.

1. Carnegie Inst. of Washington. *Yearbook*, n° 31, pp. 60 et 65.

LA PHOTO-ÉLASTICIMÉTRIE

LES APPLICATIONS MÉCANIQUES DU PHÉNOMÈNE DE LA DOUBLE RÉFRACTION

Nous venons d'exposer quelques applications du phénomène de la double réfraction à la mesure des tensions intérieures, dans les ponts, dans les barrages-réservoirs, dans quelques pièces et organes de machines soumis à des charges extérieures données. Cette science nouvelle, dite *photo-élasticimétrie,* repose sur un grand nombre d'observations, que l'on interprète à l'aide des théories de la polarisation et de l'élasticité. Il semble intéressant de rappeler des notions indispensables, non seulement pour guider les recherches personnelles de ceux qui seraient tentés de perfectionner les méthodes ou de les appliquer à de nouveaux problèmes, mais encore pour les autres, qui, désirant uniquement se servir des résultats trouvés, ont besoin, pour cela même, d'une claire vision des choses afin de les appliquer à bon escient.

Nous allons essayer d'exposer clairement et simplement les théories qui permettent de comprendre ce que l'on voit directement ou à l'aide de photographies.

Pouvoir rotatoire en général, et biréfringence accidentelle des corps transparents dans lesquels on détermine des tensions intérieures.

On sait que les cristaux — sauf les cristaux cubiques — sont biréfringents et se comportent, vis-à-vis de la lumière, comme s'ils présentaient un plan de filtration; ainsi tous les plans que l'on peut faire passer par un rayon émergent ne sont pas semblables, l'un d'eux, seul, semble servir à la propagation de la lumière et l'on dit que celle-ci est *polarisée.*

Si l'on reçoit le rayon polarisé sur un second cristal, la lumière ne passera que si, ce qu'on peut appeler, les *plans de filtration* des deux cristaux se confondent; si l'on fait tourner le second cristal de manière à modifier l'incidence du rayon, l'intensité lumineuse s'affaiblit jusqu'à s'éteindre lorsque l'on a tourné le cristal de 90° autour du rayon polarisé, après quoi, si la rotation continue, on retrouve un maximum à 180°, une nouvelle extinction à 270° et ainsi de suite.

***

Une comparaison avec un phénomène mécanique permet de se rendre compte approximativement de ce phénomène lumineux. Si deux personnes tendent une corde; l'une peut l'agiter, soit d'une manière désordonnée — et c'est l'image grossière de la lumière ordinaire — soit dans un même plan : les ondulations qui forment dans ce dernier cas sont l'image approximative de la lumière polarisée. Supposons que le plan d'oscillation de notre corde soit un plan vertical, une plaque perpendiculaire à cette corde et portant une fente verticale ne gênera pas les oscillations verticales, en tout cas, après la fente, les seules vibrations de la corde qui se propageront seront dans le plan passant par la fente, c'est-à-dire dans un plan vertical. De même la lumière formée de vibrations situées dans un seul plan est dite polarisée rectilignement et le cristal qui produit, sur la lumière, l'effet de la fente sur la corde est dit *polariseur.*

Revenons à notre corde et plaçons à une certaine distance de la première fente, une seconde fente perpendiculaire, celle-ci arrêtera toutes les vibrations polarisées; au delà de cette fente, la corde sera en repos. Nous réaliserons un effet analogue sur la lumière polarisée, en plaçant à une certaine distance du polariseur, un cristal que nous aurons fait tourner de 90° autour du rayon polarisé; ce second cristal, dit *analyseur,* éteindra la lumière.

L'ensemble formé par les deux appareils ainsi disposés, *polariseur et analyseur croisés,* ne laisse passer aucun rayon.

***

Si l'on intercale une solution qui présente le pouvoir rotatoire dont nous allons parler (sucre, acides malique, lactique, tartrique, etc.), la lumière reparaît; pour l'éteindre, il faut *tourner* l'analyseur d'un certain angle. On a vérifié que le pouvoir rotatoire était proportionnel à l'épaisseur du liquide et à sa concentration, c'est-à-dire au nombre de molécules traversées, d'où des facilités pour l'analyse des solutions par comparaison avec une solution titrée. On dose ainsi, très facilement le sucre glucose dans l'urine.

La polarisation peut aussi s'obtenir par réflexion sous certaines incidences et par réfraction simple. On a employé des lames de tourmaline, mais la double réfraction des corps biréfringents, le spath d'Islande particulièrement, offre plus de commodités puisque tous les rayons qui ont traversé un cristal biréfringent sont polarisés.

En pratique on se sert de prismes de *Nicol,* ap-

pareil précieux parce qu'il est tout à fait incolore, qu'il polarise complètement la lumière et qu'il ne transmet qu'un seul faisceau de rayons polarisés. Pour le construire, on prend un rhomboèdre de spath d'Islande, d'environ 25 mm. de longueur sur 9 mm. de largeur et d'épaisseur. On coupe le prisme en deux parties par un plan conduit suivant les diagonales parallèles de deux des longues faces et l'on réunit les deux parties par du baume du Canada, dans leur position initiale. Comme l'indice de réfraction de ce baume est plus petit que l'indice ordinaire du rhomboèdre et plus grand que l'indice extraordinaire, le rayon ordinaire se réfléchit totalement sur la couche de baume interposée, seul le rayon extraordinaire émerge.

Par exemple, soit *ab* (fig. 25) un rayon de lumière incident à la surface supérieure du prisme;

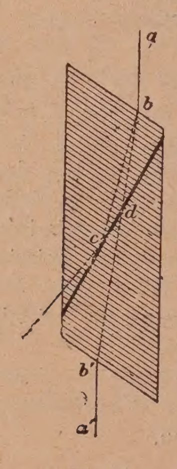


Fig. 25.

en pénétrant dans le cristal, il se divise en rayon ordinaire *bc* et en rayon extraordinaire *bd*. Le rayon ordinaire est réfléchi totalement par le baume dont l'indice de réfraction est 1,54 tandis que le rayon extraordinaire traverse la couche de baume, pénètre dans le prisme inférieur et enfin émerge parallèlement à *ab*. Comme on le voit, un *nicol* ne peut donner que l'image polarisée.

Pour l'analyse chimique des solutions, il est nécessaire d'employer de la lumière simple; il n'en est pas de même, comme nous le verrons dans les applications mécaniques des phénomènes de double réfraction.



Avant de parler de ces applications mécaniques, on nous pardonnera de rappeler que les phénomènes en question, particulièrement l'étude de l'acide tartrique par Pasteur, ont servi de base aux théories modernes de la constitution des cristaux.

L'acide tartrique extrait des fruits, notamment du raisin et particulièrement du vin, dévie à droite le plan de polarisation de la lumière. Il arrive cependant que l'on obtienne des cristaux qui ne dévient pas le plan de polarisation; cette variété de cristaux est dite acide racémique.

Si l'on examine les cristaux d'acide tartrique droit, on voit des facettes hémiédriques, c'est-à-dire des facettes qui ne se reproduisent pas symétriquement dans le cristal; au contraire, les cristaux d'acide racémique sont symétriques. D'une façon générale, une figure symétrique donne, dans un miroir, une image qui lui est superposable. Une main droite a pour image une main gauche, chaque main est donc dissymétrique tandis que les deux mains ensemble forment un système symétrique. Un cristal d'acide tartrique droit n'est pas superposable à son image.

Il n'est pas surprenant de voir des cristaux dissymétriques présenter le pouvoir rotatoire. Ce qui est étonnant, c'est de voir cette substance en solution, même en solution étendue, présenter un tel pouvoir.

Les physiciens disent : *la molécule d'acide tartrique droit est dissymétrique;* de même les molécules des solides soumis à des tensions ou pressions ne sont pas symétriques, c'est-à-dire ne sont pas superposables à leur image.

Remarquons que puisqu'il existe des substances cristallisées dont les molécules ne peuvent se superposer à leur image dans un miroir, nous n'avons pas le droit d'écrire les formules chimiques sur un plan représentant ce miroir, d'où les formules développées dans l'espace, de la stéréochimie.



Nous arrêterions ici ces considérations empruntées à la chimie, si nous ne voulions montrer jusqu'où Pasteur allait lorsqu'il s'attaquait à un problème. Puisse son exemple susciter des vocations.

Premières idées de Pasteur sur les ferments.

La plupart des cristaux d'acide tartrique présentant le pouvoir rotatoire tandis que d'autres, appelés acide racémique, ne polarisant pas la lumière, ces derniers étant symétriques, Pasteur s'est demandé s'ils n'étaient pas une combinaison de l'acide tartrique droit avec un acide tartrique gauche.

Prenant un racémate double de sodium et po-

tassium et y ajoutant de l'ammoniaque, il fit cristalliser à une température convenable et il vit alors deux variétés de cristaux à facettes hémiédriques droites et gauches; il eut la patience de prélever un certain nombre de cristaux différents pour former des solutions équivalentes, les unes ayant le pouvoir rotatoire droit, les autres le pouvoir rotatoire gauche.

Pasteur remarque ensuite que, par synthèse, on obtient toujours l'acide racémique, cela est naturel : en partant de molécules simples, on ne peut trouver que des molécules symétriques. Le dédoublement de ces molécules peut d'ailleurs s'opérer de différentes manières, notamment à l'aide de solutions sursaturées (Gernez).

Ainsi le tartrate double d'ammonium et de sodium sursaturé ne peut cristalliser que par un germe droit (cristal qu'on laisse tomber dans la solution) si le tartrate est droit. Et si dans un racémate, on fait tomber un germe gauche, il ne fait cristalliser que le tartrate gauche.

Mais pour quelle raison la nature nous donne-t-elle des produits asymétriques? Pasteur remarqua que l'acide gauche est consommé par les *ferments* qui font ainsi leur choix. Et cette expérience conduisit Pasteur à l'étude de moisissures, c'est-à-dire des microbes.

D'ailleurs la distinction entre les acides naturels et les acides de laboratoire était fausse; on peut, en chauffant le composé de synthèse, faire apparaître le pouvoir rotatoire.

Retenons de ceci que le pouvoir rotatoire est toujours l'indice d'une dissymétrie et que celle-ci peut fort bien être provoquée par un effort quelle que soit l'origine de cet effort : calorifique, électrique ou purement mécanique comme ceux dont nous allons maintenant nous occuper.

L'analogie pourrait d'ailleurs être beaucoup plus étroite qu'elle apparaît tout d'abord; nous savons déjà que le pouvoir rotatoire dépend du nombre des molécules traversées : les pressions ou les tensions agissent sans doute pour provoquer des dissymétries, mais elles ont aussi pour effet de modifier la répartition des molécules qui se trouvent ainsi, ou plus concentrées, ou plus raréfiées dans le même espace. On sait, d'après les travaux d'Avogadro, de Perrin et d'autres auteurs, calculer le nombre des molécules d'une substance; on peut d'autre part, exprimer la concentration causée par une pression simple, par exemple, dans un modèle de verre prismatique, chargé convenablement. Il serait facile de vérifier que l'on se trouve ici dans un cas analogue à celui des solutions ou des *cristaux liquides*.

D'où vient le terme, lumière polarisée?

Remarquons que le nom de polarisation donné par Malus aux phénomènes qu'il découvrit en 1810 — et qui est resté — n'a plus de sens dans la théorie ondulatoire généralement acceptée maintenant. Ce nom s'accordait avec la théorie de Newton, lequel expliquait les phénomènes de la double réfraction en supposant que les molécules lumineuses avaient deux sortes de pôles, faces jouissant de propriétés physiques différentes; que, dans la lumière ordinaire, les faces de même espèce des diverses molécules étaient tournées en tous sens, tandis que le cristal polarisateur orientait ces molécules, les unes parallèlement à la section principale, les autres perpendiculairement; la réfraction dépendait donc du sens dans lequel leurs faces étaient tournées relativement à la section principale. Comme un rayon polarisé est entièrement absorbé ou entièrement réfléchi dans certaines directions, Malus pour accorder cela avec l'hypothèse de l'émission, supposa que toutes les faces homologues des molécules étaient parallèles, c'est-à-dire que, dans la polarisation, les pôles semblables étaient tournés dans le même sens. On sait que Fresnel prouva expérimentalement que les phénomènes de la polarisation dépendent uniquement de la direction des mouvements vibratoires de l'éther. La nouvelle théorie, qui rend un compte plus exact des phénomènes entraîna d'immenses progrès. Arago découvrit le phénomène singulier de la polarisation circulaire, Young, Brewster, Biot, Seebeck, J. Herschel, Delezenna, Babinet, Haidinger firent ensuite d'utiles observations [1].

Image plus précise de la lumière polarisée.

C'est donc d'après la théorie des ondulations que nous allons rendre compte des phénomènes observés.

Si, entre le polariseur et l'analyseur croisés, nous intercalons une feuille de verre ou de *xylonite* isotropes (le verre ayant subi un recuit suffisant avec un refroidissement très lent, a, en tous sens, les mêmes propriétés, le xylonite présente parfois des tensions préexistantes sur les bords), nous ne distinguons rien. Mais comprime-t-on le verre dans une direction perpendiculaire au rayon lumineux et différente de celles des vibrations que l'analyseur ou le polariseur laisse passer? la lumière apparaît.

1. Voir plus haut, la bibliographie plus récente des applications du phénomène de la double réfraction.
Bérard, Forbes, Melloni, La Provostaye et Desains établirent les lois qui régissent la polarisation des faisceaux de chaleur.

On explique cela en disant que le verre comprimé décompose le rayon polarisé incident A (fig. 26) en deux ondes vibratoires situées dans des plans C et D respectivement parallèles aux

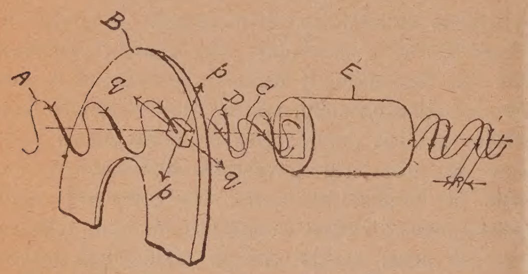


Fig. 26. — Manière d'être d'un corps chargé vu à la lumière polarisée.

directions des tensions principales q et p [1] et comprenant tous les deux, le prolongement de l'axe de la vibration incidente.

Si les deux vibrations C et D se propageaient avec la même vitesse dans le verre ou le xylonite comprimé, elles se recomposeraient à la sortie pour reproduire avec l'air la vibration incidente ; mais l'expérience permet de calculer que la vibration qui se propage dans le plan comprimé avance sur celle qui a lieu dans le sens perpendiculaire ; à la sortie les vibrations ne sont plus en phase, la différence de phase est fonction de $p-q$ et l'on a — d'une manière analogue au champ tournant résultant de deux champs alternatifs perpendiculaires entre eux et déphasés — de la *lumière elliptique*. Un cas particulier donne la lumière dite *circulaire* (c'est-à-dire vibrant circulairement) lorsque les deux composantes sont égales et déphasées d'un quart de période : il suffit que la pression exercée sur le verre soit à 45° sur la direction des vibrations du polariseur, cela avec une épaisseur de verre convenable.

En général, on aura donc une vibration elliptique qui, tombant sur l'analyseur, va donner sur la direction de filtration de cet appareil, une composante et, par suite de l'effet d'interférence qui se produit dans ce plan, lorsque les efforts sont suffisants, une coloration, que l'on peut projeter sur un écran, dessiner ou photographier.

L'image colorée que l'on obtient ainsi accuse la *contrainte* de la lame : en chaque point, la coloration dépend de $\frac{1}{2}(p-q)$; elle dépend, en outre, de l'épaisseur e du corps et de la constante optique C. Ainsi, le décalage relatif déphasé étant R, on a :

$$R = C(p-q)e$$

formule qui peut servir dans un grand nombre de cas pour mesurer l'état de sollicitation du corps, puisque, dans tous les corps profilés utilisés dans les constructions, les plus grandes valeurs se trouvent le long des bords. Si nous choisissons un point du contour où aucune force extérieure n'est appliquée, une des deux tensions principales p ou q est absente et il suffit, pour avoir la valeur de l'autre, d'établir un tableau de concordance des couleurs avec celles produites dans une éprouvette soumise à une tension *simple*.



Des phénomènes analogues se produisent lorsque le verre est tendu perpendiculairement au rayon (toujours dans un plan différent des plans de filtration de l'analyseur et du polariseur) car, dans le plan parallèle à la tension, la vibration se propage moins vite que dans le plan perpendiculaire. On pourra donc encore observer le rétablissement de la lumière.

On voit tout de suite l'analogie qui existe entre ces phénomènes et ceux du pouvoir rotatoire des solutions sucrées : que la dissymétrie des molécules soit obtenue à l'aide d'une contrainte mécanique ou qu'elle tienne à l'état physique préexistant (cas des solutions de substances cristallisables) on aura un pouvoir rotatoire.

Pour ce qui nous intéresse actuellement — les actions mécaniques — nous dirons que la lumière reparaît chaque fois que les *deux directions des tensions principales* dans la surface de verre considérée, *ne sont pas en coïncidence avec l'un des plans de filtration de l'analyseur ou polariseur croisés.*

Constitution et équilibre intérieur d'un solide.

Il convient de rappeler ici, que les solides sont formés d'un grand nombre de molécules. Le nombre d'Avogadro, déterminé par différents observateurs, est une mesure du nombre des molécules des gaz dont on déduit celui des solides formés par la combinaison de ces gaz et par conséquent leur écartement moyen. On sait ainsi que la distance de leurs centres est, dans les solides, de l'ordre du micron.

Le rayon d'action des molécules entre elles, mesuré d'après les modifications de capillarité, est beaucoup plus faible : un centième de micron approximativement. Cette action est de même

1. En France, on désigne ordinairement les tensions à l'aide de lettres grecques minuscules. Nous adopterons plus loin cette notation, que l'on retrouvera dans toutes les communications de M. A. Mesnager.

La fig. 26 est celle du mémoire du Prof. COKER (*Bull. des I. C. F.* de juillet-septembre 1922). Ce savant a bien voulu nous autoriser à reproduire quelques-unes des figures de ce mémoire ; nous l'en remercions vivement.

nature que l'attraction newtonienne, mais son intensité est beaucoup plus grande que celle que l'on calculerait en appliquant la loi de l'inverse du carré des distances.

Il n'en reste pas moins certain que l'action des molécules ne s'exerce que dans un champ très peu étendu. Une molécule peut être sollicitée par les molécules comprises dans une sphère ayant un rayon de l'ordre du centième de micron; en tout, par conséquent, par un millier de molécules. Si l'on provoque un très petit déplacement de cette molécule, on modifie son champ d'action, mais de peu à la fois : une molécule sortant de la sphère considérée est remplacée par une autre qui entre; ainsi les oscillations de l'action moléculaire sont de l'ordre du millième de sa valeur à un moment donné. Les attractions et les répulsions ont par conséquent des résultantes qui ne varient que d'une manière continue, cela pour un petit déplacement [1].

On est donc bien près de la réalité lorsque l'on considère, en élasticité, tout corps solide comme une matière continue agissant sur les parties voisines par sa surface seule, une sorte de gelée élastique plus ou moins consistante.



Les expériences sur la déformation des solides montrent que, sauf en ce qui concerne le caoutchouc que l'on ne peut considérer tout à fait comme un solide, les déformations sont peu sensibles — un millième environ — pendant la période élastique, celle qui ne provoque que des déformations provisoires, les solides reprenant leurs dimensions lorsque l'on cesse de les contraindre. On peut donc négliger les déformations, aussi bien dans l'étude des efforts intérieurs que dans celle des efforts extérieurs et de leurs conditions d'équilibre.



Ces conditions exigent généralement que la résultante des efforts transmis à travers un élément de section imaginé à l'intérieur, soit oblique par rapport à cet élément.

On appelle *tension* le quotient d'une force extérieure ou *traction*, normale ou non, dirigée vers l'extérieur par la surface de l'élément. Une *pression* est de même le quotient d'une force extérieure ou *poussée*, dirigée vers l'intérieur. Une *contrainte* est une force extérieure, dont on ne précise pas le sens.

Si l'on considère un tétraèdre infiniment petit (fig. 27) limité à trois plans de cordonnées passant par ce point et à un plan quelconque infiniment voisin et mobile, on peut étudier la variation de la contrainte avec la direction de ce dernier plan (la direction d'un plan est celle de sa normale).

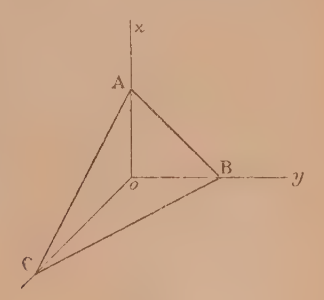


Fig. 27. — Tétraèdre de Lamé.

Les tensions au point considéré sur les trois plans de coordonnées étant données, la contrainte sur l'élément plan mobile est fonction de la direction de celui-ci, et la valeur finie de cette contrainte ne peut se modifier que d'une quantité infiniment petite lorsqu'on transporte l'élément à l'origine des coordonnées; on connaît donc, en grandeur et direction, sa contrainte en fonction de la direction de l'élément plan à l'origine.

Ellipsoïde de Lamé. — Cercle de Mohr.

C'est en utilisant l'équilibre de ce tétraèdre que Lamé a montré — ainsi que nous l'avons exposé — que toutes les contraintes sur le plan mobile, portées à partir de l'origine, à une échelle arbitraire, sont limitées à un *ellipsoïde*, dit *de Lamé*. Une autre surface qui a pour directions conjuguées la normale au plan de la contrainte est appelée *surface directrice*; les deux surfaces ont leurs axes dirigés dans le même sens.

Par conséquent, la plus petite et la plus grande tension sont normales aux éléments qu'elles sollicitent. On appelle *directions principales* celles des trois axes de l'ellipsoïde et de la directrice et *tensions principales* les tensions qui ont ces directions perpendiculaires aux éléments sur lesquels elles agissent.



Pour étudier les tensions sur l'élément plan

1. On considère ici, avec M. A. Mesnager notamment, le déplacement d'une molécule relativement aux autres qui ne bougeraient pas. C'est un cas un peu artificiel sans doute. En réalité, la concentration (c'est-à-dire le nombre) des molécules dans le rayon d'action où elles peuvent influer sur la molécule considérée se modifiera suivant l'état de pression ou de tension. Tant que l'on ne dépasse pas la limite d'élasticité, ces modifications seront lentement progressives ; il ne peut donc y avoir, dans la manifestation de leurs effets, aucune discontinuité sensible.

mobile, qui passe par un point, on utilise souvent la construction de Mohr [1].

On décompose la contrainte sur l'élément plan en une tension normale ν et une tension tangentielle ou de cisaillement τ.

Sur une demi-droite dirigée normalement à l'élément à partir de O, on porte la composante ON, puis perpendiculairement la composante tangentielle NM, OM est ainsi la position de la tension totale par rapport à la normale $O\nu_1$ à l'élément.

On répète cette construction pour toutes les directions de l'élément et l'on démontre [2] que tous les points M sont à l'intérieur d'un cercle dit de Mohr, décrit sur $\nu_1 \nu_3$, différence des tensions extrêmes ν_1 et ν_2; les points situés sur la circonférence sont relatifs aux tensions qui agissent sur les éléments passant par l'axe principal moyen.

La tension OS s'exerce sur un plan dont la normale fait avec l'axe $O\nu$, l'angle a.

La plus grande tension tangentielle (cisaillement dit principal) :

$$\tau m = \frac{\nu_1 - \nu_2}{5}$$

agit sur un plan dont la normale est à 45° avec chacun des axes extrêmes.

Cette construction facilite beaucoup les recherches.



Si l'on connaît les trois tensions principales $\nu_1 > \nu_2 > \nu_3$ qui agissent, on peut définir les tensions sur un plan quelconque passant au même point et par conséquent l'équilibre du point.

Une seule tension principale νa donne, sur un plan dont la direction fait un angle a avec la direction de cette tension :

$$\nu = \nu a \cos^2 a$$
$$\tau = \nu a \cos a \sin a.$$

Composant les tensions dues à chacune des trois tensions principales, on a la tension agissant sur ce plan, notamment

$$\nu = \nu_1 \cos^2 a + \nu_2 \cos^2 \beta + \nu_3 \cos^2 \gamma.$$

Le cisaillement étant la résultante géométrique des trois tensions analogues à τ.

1. Nous avons déjà donné un moyen de construire ce cercle, nous allons en donner un autre.

2. On imagine, chaque fois, une rotation de l'élément autour du point O, toujours dans le même sens, de manière à ramener la normale dans la direction O , la composante tangentielle étant ensuite ramenée dans le plan de la figure par une rotation autour de la normale. Voir *Revue de Métallurgie*, 1922, *Mémoires*, p. 368.

Théorie de l'élasticité et méthode experimentale.

L'élasticité a pour objet de déterminer les tensions en tous points d'un solide chargé.

Elle repose : sur les conditions de l'*équilibre* intérieur que nous venons de rappeler, sur la loi de Mariotte-Hooke (*proportionnalité* des déformations aux tensions) et sur la condition de *continuité* (les éléments déformés ne doivent cesser de se raccorder). Une section plane quelconque du corps doit prendre la même courbure, qu'on le considère comme délimitant des éléments qui sont à sa gauche ou, au contraire, comme délimitant ceux qui sont à sa droite.

Sur ces hypothèses relativement simples, on ne tarde pas à édifier des équations différentielles inextricables...



La méthode expérimentale de la double réfraction a donc le double avantage de simplifier la solution des problèmes et de donner une confirmation indiscutable aux théories de la résistance des matériaux. Son seul inconvénient, *c'est de ne s'appliquer qu'aux problèmes concernant des déplacements et des tensions situés dans un même plan* et ne dépendant par conséquent que de deux coordonnées de ce plan; mais l'élasticité plane comprend à peu près tous les problèmes utiles en pratique.

Il est d'ailleurs possible de faire d'utiles investigations suivant la troisième dimension en plaçant le modèle en verre de la pièce étudiée dans un liquide ayant le même indice de réfraction.

Remarquons, en outre, que la méthode est indépendante des coefficients d'élasticité qui ne se trouvent, ni dans les équations de l'équilibre intérieur, ni dans les équations de raccordement des éléments à deux dimensions, ni dans les conditions aux limites dans le cas — fréquent en pratique — d'un corps à contour extérieur fermé, soumis à des forces données le long de ce contour.

La méthode expérimentale va permettre de déterminer, d'abord, la direction de deux tensions principales situées dans le plan des forces; on se déplacera ensuite dans la direction de ces tensions, d'une quantité infiniment petite, ce qui changera infiniment peu la direction; on suivra alors la nouvelle direction principale sur une nouvelle longueur infiniment petite, pour prendre une nouvelle direction principale au point d'aboutissement et ainsi de suite. On aura ainsi une ligne *isostatique*. Un réseau de lignes isostatiques assez rapprochées nous donnera la direction de toutes les tensions principales. On déterminera ensuite

la valeur de chacune de ces tensions en chaque point.

Détermination des courbes isoclines et des courbes isostatiques.

Si nous soumettons une feuille de verre à des efforts quelconques mais en équilibre, dirigés dans son plan, les directions principales varieront en général en chaque point; de sorte que si cette feuille se trouve en un polariseur et un analyseur croisés, aucune lumière ne passera dans tous les points où les tensions principales sont parallèles aux directions principales ou plans de filtration du polariseur et de l'analyseur.

L'observateur verra une courbe *noire*, dite *isocline* (fig. 28) lieu des points où les tensions principales ont pour même inclinaison, celle du polariseur et celle de l'analyseur.

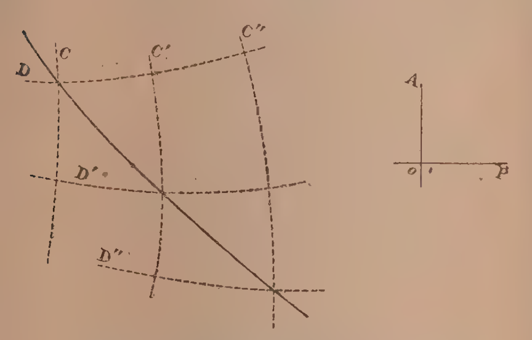


Fig. 28. — Lignes isostatiques *(en pointillé)*. Tracé d'une ligne isocline *(en trait plein)*.

Sans toucher à la feuille de verre, faisons tourner le système, polariseur et analyseur croisés, la courbe noire balaiera progressivement toute la figure : il suffit de tourner de 90° pour avoir toutes les directions de tangente possibles, le sens n'étant pas défini.



Lorsque les lignes isostatiques (en pointillé) sont tracées les lignes isoclines sont les lieux des points obtenus en menant des tangentes parallèles aux différentes directions OA de l'analyseur à l'une des familles de courbes C C'C" de la figure 28 ou les tangentes parallèles aux différentes directions OP du polariseur à l'autre famille de courbe, orthogonale avec la première. On peut à volonté, intervertir polariseur et analyseur sans rien changer au résultat.

Mais si les lignes isostatiques sont inconnues et si l'on a d'abord tracé expérimentalement les lignes isoclines, on peut en déduire les premières et par suite les directions des contraintes principales en chaque point du verre.

On part d'un point quelconque sur une ligne isocline et l'on mène un élément de droite parallèle à l'une des directions de l'analyseur ou du polariseur qui a servi à tracer cette droite, soit OA jusqu'à la ligne isocline voisine; au point d'aboutissement, on mène un nouvel élément parallèle à la nouvelle direction de OA relative à la nouvelle isocline considérée et cela, de proche en proche, donne, très approximativement, une famille de lignes isostatiques; on opère de la même manière pour l'autre famille orthogonale avec la première et l'on *détermine ainsi par l'expérience la direction des tensions principales en chaque point; cela très facilement car les lignes isoclines peuvent être photographiées* de sorte que l'on a ensuite tout le loisir de tracer les isostatiques.



Nous avons maintenant la répartition des tensions dans le solide; il s'agit de mesurer leur valeur en chaque point.

Pour cela, on va mesurer, en chaque point, leur différence, puis leur somme.

Courbes isochromatiques.

Wertheim indiqua le moyen de déterminer la différence des tensions principales en comparant les colorations des différents points d'une pièce soumise à des efforts avec les colorations d'une pièce soumise à une tension ou à une compression unique de valeurs connues.

Prenons une pièce de verre (le modèle d'un petit arc métallique par exemple, que nous ferons fléchir entre les mains) nous ne verrons d'abord que du noir et du blanc; puis, si nous faisons croître nos efforts, autour des lignes noires vont apparaître des colorations très nettes qui se succéderont pour donner une apparence analogue aux anneaux de Newton que l'on observe par réflexion : noir, jaune, orange, rouge, violet, bleu [1], vert, jaune, du 2e ordre, etc..., en tout généralement six retours avant d'arriver à des différences de tensions trop grandes pour que les couleurs soient lavées en lumière blanche.



Plaçons maintenant, entre polariseur et analyseur croisés, un morceau de verre que l'on soumet à une tension uniforme dans un sens unique

1. A partir du bleu d'ailleurs l'expérience est hasardeuse, on peut s'attendre à chaque instant à voir se briser la pièce de verre dont le taux de travail est devenu excessif si l'épaisseur du verre n'est pas suffisante.

(schéma fig. 29) à l'aide d'un petit appareil à levier complété par un dispositif permettant les déplacements horizontal, vertical et angulaire nécessaires pour avoir ensuite une superposition des

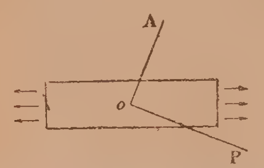


Fig. 29. — Pièce tendre uniformément observée dans une position oblique par rapport aux plans de polarisation A et P.

effets colorés produits dans cette éprouvette et dans le modèle à étudier au point considéré.

En faisant varier la tension dans l'éprouvette, on fait varier progressivement les colorations de sorte que l'on peut dresser un tableau indiquant, en face d'une tension, une couleur.

On peut vérifier ainsi que, si l'on a dans le verre une certaine tension dans un certain sens et que l'on superpose une tension perpendiculaire égale, on retombe dans le sombre (en réalité, on ne réalise pas complètement le noir, parce que les lentilles que l'on utilise pour la condensation de la lumière, ne sont pas tout à fait exemptes de tensions, cela résulte des conditions de leur fabrication). Si la seconde tension n'est qu'une fraction de la première, on a une coloration que l'on retrouverait à l'aide d'une tension unique égale à la différence des deux premières. Cette coloration est *indépendante de l'angle des directions principales du système polariseur-analyseur* à l'exception, bien entendu, des endroits où se croisent les colorations avec les franges isoclines.

D'autre part, fait-on varier l'épaisseur du verre sans modifier la tension constante, on voit que la coloration dépend, non seulement de la différence des tensions principales, mais encore de l'épaisseur. La coloration est fonction du produit $e\ (v_1\text{-}v_2)$.

Cependant les lignes noires isoclines gênent l'observation des lignes isochromatiques (lieu des points où les différences des tensions principales ont des valeurs déterminées).

On peut, en faisant tourner simultanément le polariseur et l'analyseur sans toucher au verre, déplacer si vite les isoclines noires qu'elles disparaissent devant les lignes isochromatiques fixes, mais l'appareil vibre et les photographies des lignes colorées sont floues.

On préfère placer à 45° à la suite du polariseur et avant l'analyseur, deux lames *quart d'onde*.

Ce sont des lames cristallines, en mica le plus souvent, dont l'épaisseur est telle que les vibrations qu'elles transmettent sont déphasées d'un quart d'onde; de sorte, qu'après le polariseur, on a, non plus de la lumière elliptique, mais de la lumière circulaire. Cette lumière circulaire, reçue, par un analyseur circulaire, ne donnera plus de lignes isoclines mais seulement des lignes isochromatiques. Si l'on observe encore des points noirs et des lignes noires, ce sont les lieux où toutes les tensions principales sont égales. Par exemple, dans un triangle de verre trempé, les sommets sont des points neutres (efforts principaux nuls).

Points singuliers.

Nous ne pouvons nous arrêter sur ces points singuliers, ils offrent cependant de grandes ressources pour le tracé des lignes isoclines, grâce aux remarques suivantes :

En dehors des trois sommets du triangle considéré, il existe, en lumière circulaire, quatre autres points noirs : un au centre, un autre au cinquième de chaque hauteur du côté de la base. En ces points toutes les tensions principales sont égales, donc l'ellipse de Lamé est un cercle, toute direction y est principale, par conséquent, il y passe une infinité d'isoclines. Il n'y a cependant, qu'une seule isocline pour une position déterminée du système analyseur-polariseur croisés comprenant le modèle.

Si l'on fait tourner le système, les isoclines peuvent tourner autour du point noir, soit dans le même sens que les directions isostatiques, soit dans le sens contraire (il n'y a jamais rétrogradation). Dans le premier cas, on a un point singulier de la *première espèce*, dans le second cas, le point singulier est dit de la *seconde espèce*.

Cette distinction n'est pas inutile dans les recherches, notamment les points de la première espèce sont comme des centres d'attraction des isoclines qui tournent leur concavité vers le point singulier. Les points de la deuxième espèce sont, au contraire, comme des centres de répulsion et les isoclines tournent leur convexité vers le point singulier.

Installation des appareils.

On dispose généralement les appareils de la manière suivante (fig. 30).

Une lampe à arc donne un faisceau de lumière parallèle qui, après avoir traversé une couche d'eau, est condensé par des lentilles sur un petit Nicol, puis agrandi par un système inverse de lentilles; on le fait traverser, en outre, un mica quart d'onde afin d'empêcher, comme nous l'avons dit, la for-

mation de bandes noires isoclines dans la mesure des valeurs.

Le faisceau traverse le modèle soumis aux essais, puis la pièce témoin[1] de même matière tendue à l'aide d'un petit appareil à levier muni d'un dispositif de déplacement qui permet de superposer les images du modèle et d'un point donné du témoin.

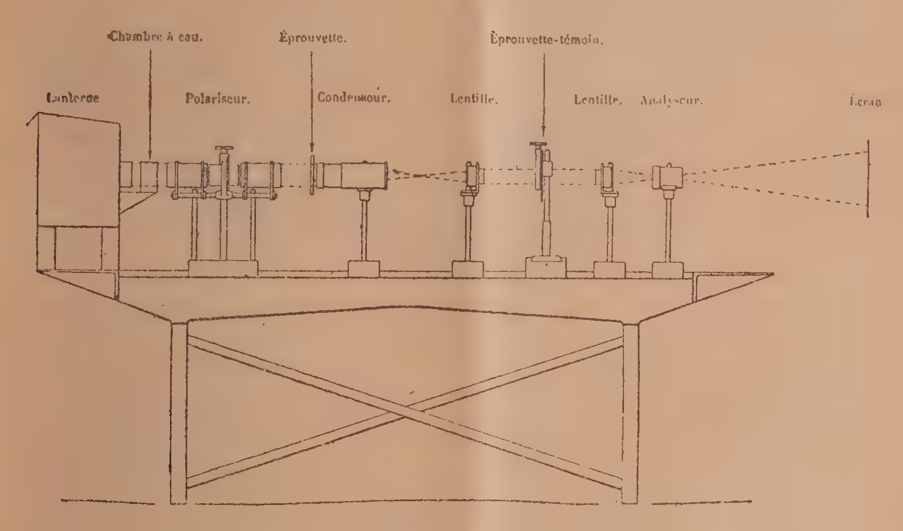


Fig. 30. — Ensemble de l'appareil expérimental.

Les deux images sont alors analysées au moyen d'un second Nicol précédé d'un mica quart d'onde. On les projette sur un écran ou bien on les photographie.

***

Pratiquement, on oriente les pièces de sorte que l'on détruise l'image colorée d'un élément du modèle par un point correspondant du témoin. On peut poser dans ces conditions :

$$\frac{\nu_1 - \nu_2}{\eta E} e = \frac{\nu e'}{E\eta}$$

ou

$$\nu_1 - \nu_2 = \frac{e'}{e} \nu.$$

On voit que les modules E d'Young et η de Poisson sont ainsi éliminés et que seules, interviennent finalement les tensions principales du ν_1 et ν_2 et du témoin ν ainsi que leurs épaisseurs e et e'.

L'installation peut être montée sur un banc de tour pourvu de pièces spéciales pour fixer ou dégager chaque pièce à l'aide d'un boulon, tandis que les déplacements horizontaux ou verticaux sont possibles.

Des tables à déplacement vertical aux extrémités du banc permettent de placer, d'un côté, la lanterne, de l'autre, un appareil photographique.

Mesure de la différence des tensions principales par compensation.

La méthode suivante donne plus de précision. A un morceau de verre (modèle) qui subit deux tensions principales ν_1 et ν_2, on superpose un autre morceau d'épaisseur e' tendu uniformément sous une tension mesurable parallèle à ν_2.

La condition nécessaire et suffisante pour obtenir l'obscurité est alors :

$$e(\nu_1 - \nu_2) - e'\nu = 0.$$

Condition déjà écrite plus haut.

Par conséquent, connaissant les directions principales en un point d'un modèle soumis aux essais, on placera parallèlement à l'une de ces directions un prisme de verre que l'on tendra ou comprimera au moyen de poids ou de ressorts tarés jusqu'à la réalisation de l'obscurité (ou d'un *minimum* d'éclairement).

La compensation étant ainsi réalisée, on aura ν_1-ν_2 dès qu'on aura mesuré les autres quantités entrant dans l'équation précédente.

***

C'est là le procédé le plus exact.

Il est un peu encombrant, aussi lui préfère-t-on le compensateur Jamin-Babinet.

Une lame de quartz, taillée parallèlement à l'axe du cristal agit sur la lumière polarisée comme le verre soumis à des tensions. Deux lames de quartz de même épaisseur, toutes deux parallèles à l'axe, mais superposées de sorte que l'axe y oc-

1. Ou le compensateur, voir plus loin.

cupe deux directions perpendiculaires, produisent le même effet qu'un morceau de verre recuit non soumis à des efforts.

Au lieu de deux quartz d'épaisseur constante, superposons deux morceaux taillés dans les mêmes directions mais en coins superposés de façon à former un tout d'épaisseur constante ; on obtient le compensateur de Babinet (fig. 31) qui donne, entre un polariseur et un analyseur croisés, l'ap-

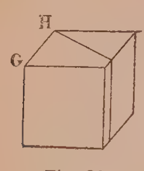


Fig. 31.

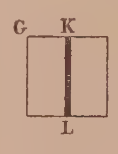


Fig. 32.

parence suivante (fig. 33) lorsque GH est parallèle aux rayons et que GK n'est pas parallèle aux plans de polarisation.

1° Une droite KL noire, aux points d'égale épaisseur des deux lames, points qui se comportent comme du verre bien recuit ;

2° Des colorations identiques à la même distance à droite et à gauche.

On peut tracer sur l'appareil des verticales équidistantes parallèles à KL qui donnent des équivalences avec des feuilles de verre chargées ; la première graduation correspondra, par exemple, à une lame de verre de 1 mm. d'épaisseur soumise à une tension horizontale de 1 kg./mm² ; la seconde, à la même feuille soumise à 2 kg./mm² ou à une feuille d'épaisseur double soumise à 1 kg./mm², etc... De l'autre côté de la ligne noire, on a des effets équivalents à des pressions.



Ainsi lorsque le compensateur se trouve devant une pièce de verre soumise à une tension horizontale *uniforme*, la ligne noire se déplace pour aller s'arrêter aux points où se neutralisent les effets du compensateur et de la pièce et on lit, sur la graduation du compensateur, le produit de l'épaisseur de la plaque par la tension qu'elle subit. Il est commode de graduer le compensateur, non d'après ce qu'il donne, mais d'après ce qu'il compense.



Le compensateur de Babinet a été perfectionné par Jamin.

Le bloc formé des deux lames peut se déplacer à l'aide d'une vis micrométrique, deux fils parallèles servent de repère.

On peut ainsi mesurer le dixième de kg. par millimètre carré dans une pièce de 10 mm. d'épaisseur et, comme le verre peut supporter sans danger à la traction 2 kg./mm², on peut faire des mesures à moins d'un centième près.

Les compensateurs doivent être orientés parallèlement à une des tensions principales dont on veut mesurer la différence afin d'éviter des interprétations difficiles.



Par raison de symétrie, la tangente au contour d'une pièce est toujours une direction principale (cela n'est pas tout à fait exact pour le xylonite travaillé à la scie) et, si le contour est libre, la tension principale perpendiculaire est nulle ; on mesurera donc la tension parallèle, celle-ci est très souvent d'ailleurs la plus grande tension.



Cependant pour une épaisseur traversée de quartz, les radiations lumineuses transmises parallèlement aux axes ne prennent pas de différences de phase exactement égales à celles qu'elles prendraient dans du verre soumis à une tension, et la compensation est imparfaite lorsque $e\ (\nu_1 - \nu_2)$ est grand ; au-dessous de 30 kg./mm² les résultats restent satisfaisants.

Lorsque le compensateur, orienté parallèlement à une tension principale en un point A d'un modèle en verre, couvrira ce point d'un trait noir sur la division n côté tension, on dira : en A, sur la section parallèle aux traits, le verre subit une tension ν_1 plus grande que dans le sens perpendiculaire et telle que :

$$(\nu_1 - \nu_2)\, e = n.$$

La question de la compensation étant importante, nous devons résumer l'état actuel de la pratique opératoire sur ce point.

Les méthodes usuelles de compensation en photo-élasticimétrie.

La détermination des différences des tensions principales se fait à l'aide de différents moyens de compensation qu'on emploie suivant les commodités dans chaque cas.

En dehors des compensateurs Babinet, Jamin-Babinet et Coker, les appareils utilisés dans ce but sont les suivants :

a) Le compensateur *Bravais*, basé sur un principe semblable à celui du compensateur Jamin-Babinet, diffère de ce dernier par l'orientation de l'axe optique du coin mobile en quartz relativement à l'axe optique du coin fixé également en quartz. Tandis que les axes optiques du compensateur Jamin-Babinet sont croisés, ils sont parallèles dans

le cas du compensateur Bravais. Il est donc indispensable, pour obtenir la possibilité d'une compensation à zéro au compensateur Bravais de superposer aux coins, sur le passage du rayon lumineux, une lame en quartz aux faces parallèles, dont l'axe optique, tout en étant normal au rayon lumineux est aussi normal aux axes optiques des

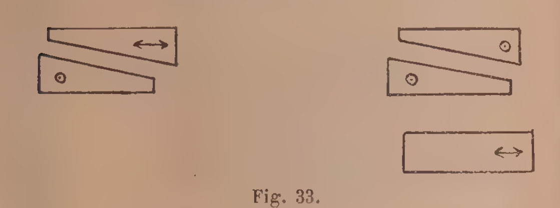


Fig. 33.

coins en quartz. Les schémas (fig. 33) représentent, en plan, les dispositifs des compensateurs Babinet et Bravais.

b) Au lieu d'un compensateur Coker, qui est en principe une lame en xylonite soumise à une traction, on peut utiliser une lame comprimée, l'opération est ainsi plus facile et l'on peut utiliser le verre.

c) Le compensateur Babinet peut être remplacé par un compensateur formé par une lame soumise à une flexion pure ou simple. La zone centrale de cette lame donne exactement le même phénomène que le compensateur Babinet. En chargeant d'un poids déterminé on calcule exactement les pressions et les tensions, la graduation est donc facile.

d) Enfin pour la détermination des différences des tensions principales on peut utiliser avantageusement la méthode goniométrique de M. Tardy, imaginée pour l'examen des biréfringences des verres optiques (voir la *Revue d'Optique*, 1929).

Dans tous les cas ci-dessus le procédé de mesures est le suivant :

1° On superpose au point observé du modèle le dispositif choisi de compensation. Le choix dépend de la nature des problèmes à résoudre, du matériel dont on dispose et des préférences individuelles de l'opérateur.

2° La superposition du moyen de compensation au modèle doit être faite dans l'appareil de polarisation, entre nicols croisés. Cette superposition doit être dirigée de manière à faire coïncider les directions privilégiées des moyens de compensation (en particulier, les axes optiques) avec les directions des tensions principales au point observé du modèle.

3° On fait progresser le mouvement de compensation (déplacement des coins, application des charges, rotation de l'analyseur, suivant le cas) jusqu'à extinction de la lumière au point observé du modèle.

4° Le mouvement de compensation ainsi terminé, la lecture de la position de l'élément mobile de compensation sur une échelle convenablement graduée fournit la valeur de la différence des tensions principales au point observé du modèle.

Mesure de la somme des tensions. Extensomètre. Latomètre

On sait que lorsqu'un corps subit une tension ν_1, son épaisseur diminue de $e\,\frac{\nu_1}{E}\,\eta$ (η coefficient de Poisson) ; une seconde tension perpendiculaire ν_1 produit un effet analogue et les deux tensions lui font perdre ainsi une épaisseur :

$$d = \frac{e}{E}\,\eta(\nu_1 + \nu_2).$$

Si l'on connaît d, on a $\nu_1 + \nu_2$.

Mais d est de l'ordre du micron.

Pour la mesurer, on peut employer, soit l'amplification ou *extensomètre de Coker*, soit les franges

Le *latomètre* est un appareil imaginé par M. Mesnager et construit par la maison Jobin, qui utilise les franges de superposition ; il comprend un *compensateur Perot et Fabry* convenablement gradué.

L'extensomètre comprend en *U* portant, sur l'une des branches, une aiguille dont la pointe extérieure est maintenue contre l'ergot d'un levier, dont l'autre extrémité porte une goupille qui incline plus ou moins un miroir sur lequel on dirige un pinceau lumineux pour le réfléchir sur un tambour enregistreur afin d'avoir une amplification de 200 dans les variations d'épaisseur.

La *Latométrie purement optique* permet de déterminer la somme des tensions principales sans contact matériel de l'appareil de mesure avec le modèle (Cf. Tesar, *Revue d'optique*, 1932). L'étude des surfaces des modèles se fait alors à l'aide de plans étalons.

Dans beaucoup de cas on peut éviter cette mesure, soit par intégration graphique de la surface limitée par une isostatique, soit en utilisant les équations de Maxwell, etc.

Justification de l'application de la méthode de la double réfraction à des pièces de constructions civiles ou mécaniques.

Filon, Mesnager, Coker et d'autres auteurs ont prouvé que dans un grand nombre de cas, sous réserve des lois de similitude, les essais sur modèles de verre ou de xylonite permettent la me-

sure des tensions que subissent les pièces de constructions ou les organes de machines.

Ces démonstrations occuperaient une place excessive mais nous devons en indiquer le principe et donner quelques indications sur les limites entre lesquelles la méthode est applicable.

***

D'une part, Maurice Lévy (*Comptes rendus, A. S.*, mai 1898) a fait remarquer *qu'en élasticité à deux dimensions* les tensions sont indépendantes des coefficients d'élasticité dans un grand nombre de cas énumérés plus haut.

D'autre part, Michells (*Proceedings of the London Mathematical Society*, avril 1899, p. 100) a montré qu'il en était de même dans tout corps isotrope contenant des vides intérieurs, s'il n'intervient pas d'attraction agissant sur les masses du corps et si la projection sur un axe quelconque des forces appliquées au pourtour de chaque vide, est nulle.



Il n'en est pas ainsi, par exemple, dans une bielle, les charges sur les parties limites internes ne s'équilibrant pas séparément et indépendamment les uns des autres.

Si les coefficients d'élasticité interviennent alors, et si l'on doit, en conséquence, corriger les résultats photo-élasticimétriques pour les rendre applicables aux cas pratiques, il faut reconnaître, depuis les recherches récentes de Filon (*On stresses British Association Report*, 1922) que, dans la majorité des cas, cette correction ne dépasse pas l'erreur d'essai et que, dans tous les cas, sa valeur peut être déterminée expérimentalement.



De même, s'il s'agit de corps allongés encastrés sur des appuis fixes, les conditions de raccordement avec ces appuis dépendent des coefficients d'élasticité; toutefois, si le corps est assez long et assez étroit, on peut négliger — comme on le fait habituellement en résistance des matériaux — le terme fonction du coefficient de Poisson.

Dans cette hypothèse la condition de raccordement sur appuis immobiles (cas des axes encastrés) s'exprime par une équation de la forme $\frac{E}{I}(A - B) = 0$ qui revient à $A - B = 0$ et qui est, par conséquent, indépendante des coefficients d'élasticité.

Maxima et minima des tensions intérieures.

La courbe isocline étant perpendiculaire à la tension principale qui passe par un maximum ou par un minimum, il suffit de tendre deux fils, l'un parallèle aux vibrations du polariseur, l'autre aux vibrations de l'analyseur; le point où la direction de l'un sera tangente aux isoclines, sera le point où les tensions principales perpendiculaires passeront par un maximum ou un minimum.



Les maxima et les minima des tensions tangentes au contour se trouvent où les isoclines sont perpendiculaires à ce contour : les isochromatiques sont alors tangentes au contour (la tension normale au contour est nulle).

Répartition des efforts dans le voisinage d'une charge. Zone dans laquelle les formules de la résistance des matériaux sont applicables.

Le phénomène de la double réfraction et la photo-élasticimétrie nous permettent de vérifier :

1° Qu'à *une distance* du point d'application d'une charge *qui n'excède pas la plus grande dimension transversale* d'un barreau, les lois de la résistance des matériaux ne sont pas applicables;

2° Au contraire, que ces lois se vérifient dès qu'on s'éloigne de ces points.

Prisme comprimé suivant son axe.

La théorie nous indique qu'un prisme comprimé par une pression uniforme normale à ses bases subit des pressions uniformes égales dans tous ses plans perpendiculaires aux arêtes et que les pressions sont nulles, au contraire, sur les éléments, parallèles aux arêtes.

Remplaçons les pressions uniformes sur les bases par leurs résultantes et plaçons le prisme rectangulaire (ainsi chargé par deux pressions opposées ayant leur ligne d'action commune dans l'axe du prisme) entre un polariseur et un analyseur croisés.

Si l'une des directions de polarisation est parallèle aux arêtes, on fera l'obscurité dans tout le prisme, *sauf dans le voisinage des bases chargées* à une profondeur d'environ la moitié du plus grand côté de base.

Si nous tournons le système polariseur-analyseur de sorte que l'une de ses directions principales ne soient plus parallèle aux arêtes mais, par exemple, à 45°, la région noire va s'éclairer et, si nous interposons un compensateur, dont la droite neutre soit perpendiculaire aux efforts extérieurs, nous verrons cette ligne se transporter *parallèlement* du côté pression. L'image restera la même si l'on fait subir une translation au compen-

sateur, tant qu'on ne dépassera pas la zone qui était obscure dans la première position du système analyseur-polariseur.

De même, si les efforts suffisent à déterminer des colorations, on aura une coloration uniforme dans la même zone.

Par conséquent, *la pression est uniforme* sur les sections droites du prisme, sauf dans celles dont la distance aux bases est moindre que la moitié du plus grand côté de cette base.

Prisme comprimé excentriquement mais toujours par des forces parallèles à son axe.

M. A. Mesnager a vérifié l'existence de la même zone noire, dans ce cas lorsque les directions de polarisation sont parallèles aux faces du prisme; nous avons donc les mêmes directions principales avec des pressions transversales nulles.

Si nous faisons tourner le système polariseur-analyseur, la zone obscure s'éclaire mais, lorsque l'excentricité excède le sixième de la largeur de la pièce, il reste une bande obscure fixe quelle que soit l'inclinaison des plans de polarisation. La fixité de cette bande indique que tous ses points sont tels que toute direction y est direction principale et que, par conséquent, toutes les tensions principales y sont égales : *c'est donc essentiellement une ligne neutre.*

Cette ligne neutre occupe la position théorique; notamment, elle se confond avec la limite latérale de la pièce lorsque la force agit sur le bord du noyau central au tiers de la largeur.

Aux extrémités, elle se déforme d'une manière variable suivant la direction des plans de polarisation : là il ne s'agit plus d'une ligne neutre mais simplement d'une extinction de la lumière aux points où les directions principales des tensions sont parallèles aux plans de polarisation.

***

En lumière polarisée circulairement, on obtient la même droite noire et, si l'effort est assez grand, des droites colorées parallèles aux arêtes, toujours dans la même zone.

Ces droites colorées indiquent que les pressions augmentent à partir de la ligne neutre, suivant une loi linéaire.

***

On vérifie d'ailleurs plus facilement cette loi, à l'aide d'un compensateur que l'on superpose après avoir tourné à 45° par exemple les plans de polarisation.

On obtient dans la partie centrale une ligne inclinée qui indique une tension en haut, une pression en bas; il est visible que les tensions longitudinales suivent une loi linéaire à partir de la ligne neutre. Lorsque l'on augmente l'effort extérieur, la ligne inclinée s'incline davantage *mais coupe toujours la ligne neutre au même point. L'image ne change pas pendant toute translation du compensateur parallèle aux arêtes;* il n'y a de perturbation que sur une distance inférieure à la longueur des sections extrêmes.

La ligne neutre est bien au point déterminé par les équations :

$$\frac{P}{A}-\frac{My}{I}=0 \text{ ou } \frac{P}{A}\left(1-\frac{d.y}{r^2}\right)=0$$

d'où l'on tire :

$$d\,y = r^2.$$

Cette dernière relation permet, comme on le sait, de construire la ligne neutre en fonction du rayon de giration r et du point de passage de la résultante, au moyen d'un angle droit.

Si l'on fait cette construction, on retrouve, la position de la ligne neutre donnée par la lumière polarisée.

Prisme fléchi.

Nous prenons un prisme horizontal, par exemple, auquel nous faisons supporter, de part et d'autre de son centre, deux efforts égaux à la partie supérieure; les appuis étant de même symétriques près des extrémités. Nous aurons dans ces conditions : dans la partie centrale, une flexion simple caractérisée par un moment constant et pas d'effort tranchant; dans les régions extrêmes (entre les forces de sens contraire) un moment variable suivant une loi linéaire et un effort tranchant constant mais de signe contraire à chacune des extrémités.

Le calcul montre que les tensions normales de la partie centrale doivent toutes être horizontales :

Dans les régions extrêmes, il existe à la fois des tensions normales qui équilibrent le moment fléchissant et des tensions tangentielles qui équilibrent l'effort tranchant. Ces dernières équivalent à des tensions de signes contraires égales et inclinées à 1/1. A moitié de la hauteur de la pièce, les tensions normales dues aux moments fléchissants doivent s'annuler et, seules, les tensions normales inclinées à 1/1 doivent subsister.

On vérifie cela en lumière polarisée rectilignement.

***

Si un plan de polarisation est horizontal, toute la partie centrale s'obscurcit jusqu'à une distance

des points chargés égale à environ 1/3 de la hauteur de la pièce (c'est-à-dire que la zone noire centrale s'étend à tous les points situés entre deux cercles tangents aux points chargés et inscrits dans le prisme).

Quelle que soit l'inclinaison, on observe une ligne noire à moitié hauteur de la partie centrale (ligne neutre sans tension).

Si les plans de polarisation sont inclinés à 1/1, on constate une ligne noire passant au milieu de la hauteur, sauf aux abords des points chargés ; les tensions à moitié de la hauteur des parties extrêmes ont donc bien la direction prévue par le calcul.

On peut, d'ailleurs, dans la partie centrale, vérifier avec le compensateur, comme on l'a fait pour le prisme chargé excentriquement, la loi linéaire des tensions.

En lumière polarisée circulairement on obtient une figure qui confirme également la théorie. Dans la partie centrale, tensions et pressions sont égales de part et d'autre de l'axe et constantes à une certaine distance de l'axe neutre. Dans les régions extrêmes elles décroissent en s'éloignant du centre.

Cornière.

La même expérience faite sur un modèle de cornière fléchi de la même façon donne, au compensateur, dans la partie centrale, une image formée de deux droites. Cette mesure montre que la distance d'un point quelconque de la droite brisée à la ligne verticale des tensions nulles est proportionnelle au produit de l'épaisseur par la tension : c'est pourquoi, d'ailleurs, la droite est brisée au changement d'épaisseur.

Prisme à section rectangulaire soumis à des forces extérieures opposées non parallèles aux arêtes.

Cette hypothèse se trouve réalisée par exemple dans un montant de pont dont on néglige le poids ; elle équivaut à superposer les tensions d'une pièce uniformément tendue ou comprimée aux tensions d'une pièce fléchie.

La lumière polarisée, notamment la lumière circulaire, permet de vérifier la théorie.

Dans chaque section où la pression s'annule sur un bord, la résultante passe au tiers opposé ; cette résultante passe aussi à égale distance de la rencontre des lignes neutres avec le contour de la pièce.

Cette remarque peut servir, comme nous l'avons signalé, au tracé des réactions d'un arc chargé.

Justification de la recherche des maxima ou minima des tensions intérieures.

Nous avons vu aussi comment on pouvait déterminer les maxima ou minima des tensions intérieures.

Cela repose sur la remarque qu'une ligne isocline est perpendiculaire à la tension principale qui passe par un maximum ou par un minimum.

En effet, Lamé a posé ainsi l'équation d'équilibre des éléments limités à des courbes isostatiques.

$$\frac{d\nu_1}{dS_1} + \frac{\nu_1 - \nu_1}{r_2} = 0$$
$$\frac{d\nu_2}{dS_2} + \frac{\nu_3 - \nu_1}{r_2} = 0$$

ν_1 ν_2 tensions principales ;

S_1 S_2 longueurs comptées sur les courbes isostatiques tangentes respectivement à ces tensions ;

r_1 et r_2 rayons de courbures comptés du centre vers la courbe dans le sens de S_1 et de S_2 (fig. 34).

Passons d'une ligne isocline AB à la ligne isocline infiniment voisine $A^1 B^1$ en suivant la ligne isostatique MP ou la ligne isostatique MN (fig. 35) les normales à ces lignes isostatiques auront tourné d'un même angle $d\omega$ puisque AB et A'B' sont lignes isoclines.

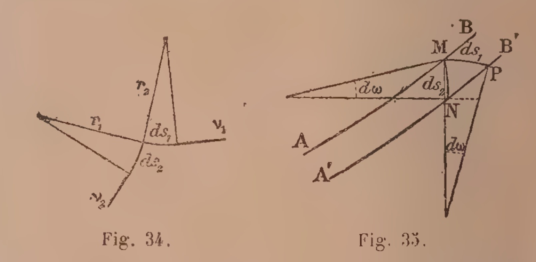


Fig. 34. Fig. 35.

Donc :

$$r_1 = \frac{dS_2}{d\omega}; \quad r_2 = \frac{dS_1}{d\omega}.$$

Pour avoir un maximum ou un minimum dans la direction de S_1, il faut :

$$\frac{d\nu_1}{dS^1} = 0.$$

Ce qui exige :

1° : $r_1 = \infty$; ou 2° $\nu_1 - \nu_2 = 0$.

L'alternative 1° exige que $d\,S_2$ soit infini par rapport à $d\,\omega$.

En général $d\,s_1$ et $d\,s_2$ sont de même ordre que d ; il faut et il suffit donc que $d\,s_2$ soit dans la direction de l'isocline, c'est-à-dire que $d\,s_1$ lui soit perpendiculaire C. Q. F. D.

L'alternative 2° exige que la direction principale soit indéterminée en ce point, donc parmi les

directions principales, l'une est encore normale à l'isocline.

On tendra donc, dans l'appareil, deux fils perpendiculaires, l'un parallèle aux vibrations du polariseur; l'autre, de l'analyseur; le point où la direction de l'un sera tangente aux lignes isoclines sera le point où les tensions principales perpendiculaires pourront passer par un maximum ou un minimum.

Notamment, pour trouver les maxima et les minima des tensions parallèles tangentes aux contours, il suffira de chercher les points où les courbes isoclines seront perpendiculaires à ce contour, cela s'il n'existe aucune tension préexistante sur les bords; *les modèles en xylonite découpés à la scie ne sont pas dans ce cas.*

Répartition des efforts au voisinage des points chargés.

Soit une pièce de grande dimension limitée à une droite et comprimée en un point, examinons ce qui se passe dans une portion limitée par un demi-cylindre relativement petit ayant pour axe une perpendiculaire en o à la droite limite dans le plan horizontal.

En lumière polarisée circulairement, nous voyons deux droites noires radiales issues du point pressé et parallèles aux plans de polarisation.

Cela prouve que, dans le rayon considéré, l'une des tensions principales en chaque point passe par le point pressé.

Il en résulte que les cylindres concentriques au point chargé et les plans passant par ce point ne subissent que des tensions normales.

Dans ces conditions, un des cylindres ne peut subir qu'une pression constante.

En effet, considérons le volume limité à la surface libre AA' et compris entre deux cylindres

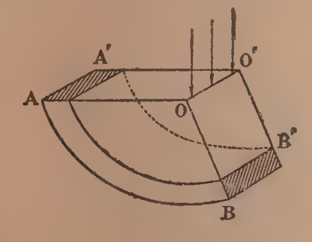


Fig. 36.

(fig. 36) de rayons infiniment rapprochés et entre deux plans appuyés à l'axe 00' et aux lignes isostatiques normales et prenons les moments des forces extérieures par rapport au point 0, la somme des moments doit être nulle puisqu'il y a équilibre. Les moments des pressions agissant sur A et sur B seront nuls puisque les forces passent par le centre 0. Sur AA' il n'y a aucun effort : les pressions agissant normalement sur BB' ne peuvent passer par 0 et comme elles doivent avoir un moment nul par rapport à ce point, quelle que soit l'étendue de BB, elles ne pourront qu'être nulles. Donc sur tous les rayons issus de 0, point d'application de la force normale, les pressions sont nulles.

Il en résulte que l'équilibre du solide compris entre les deux cylindres considérés exige que les pressions sur les circonférences soient inversement proportionnelles aux rayons, donc;

$$\omega r = \omega' r'.$$

D'autre part, on peut voir que les lignes isochromatiques sont des circonférences tangentes à la surface du point pressé. Sur une des circonférences la pression sur l'élément perpendiculaire au rayon $OM = r$ est donc la même qu'au point 0. On a donc :

$$d = \frac{r}{\cos a}$$

La pression en M sur l'élément perpendiculaire à r peut être exprimée en fonction de pression à l'unité de distance du point d'application de la force dans sa direction.

$$\omega \frac{\cos a}{r} \omega = d = \omega_1$$

d'où

$$\omega = \omega_1 \frac{\cos a}{r}.$$

Mais il reste à déterminer ω, en fonction de la force F.

Il suffit pour cela d'écrire que F égale la résultante des pressions sur une section quelconque.

Découpons, à cet effet, dans le solide, un cylindre de révolution autour de la droite d'application de l'effort total extérieur. La force sur un onglet cylindrique compris entre deux génératrices est :

$$\omega e \quad r \quad da$$

Sa projection verticale est :

$$\omega e \quad r \cdot da.$$

L'égalité se pose donc ainsi :

$$\int_{-\pi_2}^{+\pi_2} \omega e r \cos a \, da = F$$

ou, en exprimant ω en fonction de ω_1

$$\omega_1 \int_{-\pi_2}^{+\pi_4} \cos 2a \, da = F.$$

Et, en tenant compte de ce que :

$$\cos 2a = \frac{1 + \cos^2 a}{2}$$

il vient :

$$\omega_1 e \pi_2 = F.$$

Donc :

$$\omega = \frac{2F}{\pi e r} \cos a.$$

On retrouve donc *après des calculs simples* la formule que Boussinecq et Flamant n'avaient établi qu'à la suite de calculs très compliqués :

Ainsi la pression, sur un élément perpendiculaire au rayon, dans la direction de la force, s'obtient en répartissant cette force *sur le quart de la surface de cylindre concentrique* à la droite d'application.

***

Pratiquement on répartit l'effort sur une droite, comprise entre deux rayons à 45°.

On admet donc une pression $\frac{ed}{F}$ au lieu de

$$\frac{F}{\pi ed} = \frac{F}{1.57\ ed}.$$

Il faut donc multiplier le résultat de la règle usuelle par 1,27 pour avoir la plus grande pression réelle.

***

La solution précédente permet de compléter le tracé des lignes isostatiques dans les pièces comprimées. La figure 26 montre d'ailleurs clairement la distribution des tensions autour de la charge normale appliquée en un point.

Autres exemples de pièces comprimées ou tendues.

Nous ne pouvons répéter la théorie dans tous les cas où elle a donné des résultats pratiques.

La figure 37 montre avec les lignes isostatiques

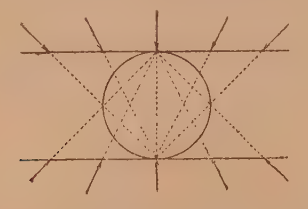


Fig. 37. — Equilibre d'un rouleau de pont.

l'équilibre d'un rouleau de pont, cylindre comprimé entre deux plans parallèles.

L'appareil de polarisation montre que les tensions ou pressions sont, dans un cube comprimé entre deux forces agissant sur un même diamètre tout à fait faibles en dehors de la circonférence inscrite.

Les figures 20 et 21 (1er article) montrent les tensions et pressions sur les contours d'une console et d'un té. Les lignes isoclines et isostatiques de la console ont d'ailleurs été représentées précédemment.

Nous avons déjà donné des exemples de pièces percées de trous.

***

Les briquettes d'essais que l'on emploie en France, d'après les travaux allemands, répartissent très inégalement les tensions, aussi la tension de rupture rapportée à la tension moyenne ne constitue qu'une définition arbitraire de la résistance très éloignée de la vérité.

La briquette étudiée par M. Coker est telle qu'un modèle en verre donne une extinction complète dans la région centrale de hauteur T quand un plan principal de l'appareil de polarisation est parallèle à l'axe.

On obtient ainsi une tension uniforme dans cette région centrale, mais on peut craindre que la rupture survienne hors de cette section, dans celles où il existe des tensions plus grandes.

***

Les tensions qui se développent dans une console ou dans le contour curviligne d'une cornière sont assez singulières et, seule, la polarisation permettait d'aborder ce problème.

Plus ardus encore sont les problèmes pratiques soulevés par les forces de contact des surfaces courbes, telles que les actions mutuelles des roues d'engrenage.

Les pressions produisent des systèmes de bandes colorées autour des petites étendues de contact qui existent entre les dents ; ces pressions statiques ont des valeurs importantes au bas des dents à cause de la flexion (fig. 38).

Action des outils coupants.

Les phénomènes de double réfraction peuvent encore être utilisés dans un champ de recherches qui laisse espérer des renseignements utiles sur l'action des outils employés dans les fabrications industrielles.

Le *Cutting Tools Research Committe of the Institution of Mechanical Engineers* a essayé à l'aide d'un petit tour (fig. 39) l'action de différents outils en verre *sur des corps transparents.*

Un moteur C fait tourner un axe A et un disque transparent B à une vitesse assez réduite pour qu'on puisse prendre les mesures nécessaires.

L'outil Q est porté par un support à coulisse muni d'un frein R pour éviter le dérapage et d'une pièce d'entraînement radial pour la coulisse inférieure sur laquelle agit une courroie L.

Le latomètre[1] S est monté sur la coulisse supérieure, et comme il n'était pas construit pour marcher dans la position verticale, le tour a dû être fixé dans une position inclinée.

Lorsque le disque est attaqué par un outil coupant bien aiguisé, on voit surgir de l'outil et du

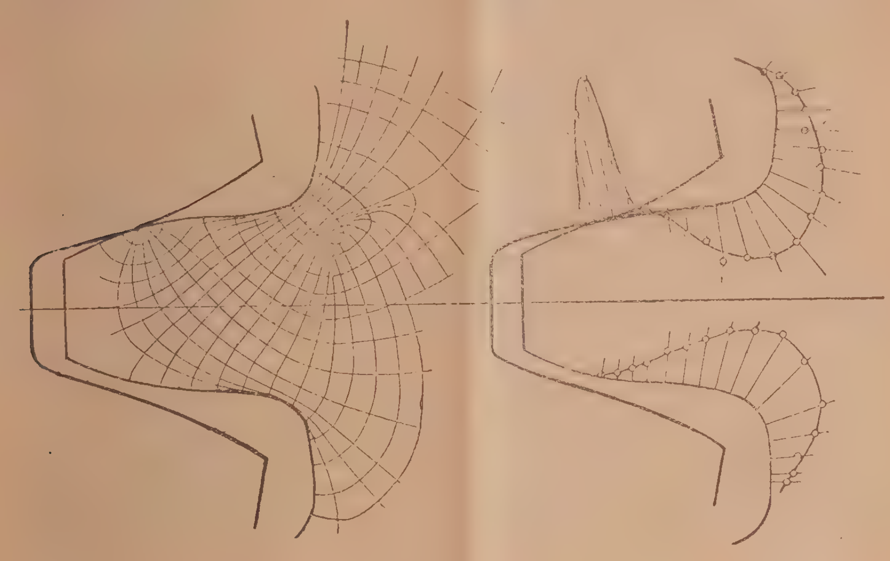


Fig. 38.

copeau de nombreuses bandes colorées qui se recourbent jusqu'à la périphérie du disque, bandes séparées par une bande en éventail qui se termine en un point d'un noir intense; on observe sur le

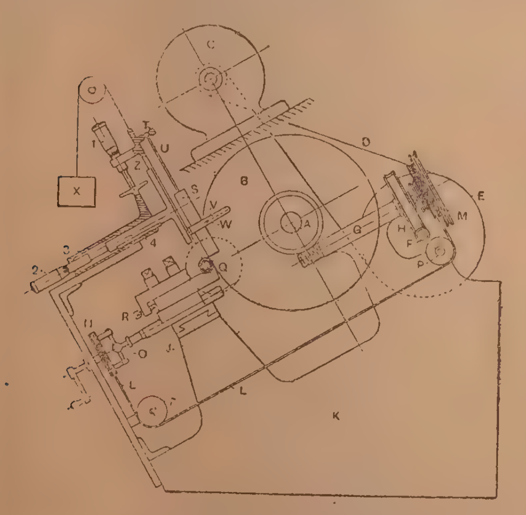


Fig. 39. — Diagramme de l'appareil expérimental pour étudier l'action des outils courants.

copeau, au point où il se sépare du disque, une surface sombre qui ne doit pas être due à la cassure complète puisque la portion externe de ce copeau donne encore des bandes colorées.

Tant que l'outil reste aigu, les colorations sont stationnaires, mais si le fil s'émousse, les bandes colorées croissent et décroissent, ces oscillations étant très marquées.

Les lignes isoclines et isostatiques sont des images approximatives de la distribution des efforts. Les lignes isoclines s'incurvent et se coupent le long de la traînée noire d'une manière assez compliquée; les isostatiques se compliquent de même dans cette zone.

On peut dire, en gros, que, sur la surface du disque autour de la pointe de l'outil se développent des tensions principales qui s'ajoutent à celles, plus intenses, dues à la pression (inclinée sur le rayon) exercée par l'outil.



Un outil mal aiguisé agit de manière à briser le ruban qu'il découpe par une série d'actions de caractère cyclique ainsi que le montrent des taches noires assez régulières séparées par des étendues légèrement colorées.

Ces taches noires sont dues à ce que la face supérieure de l'outil recourbe le ruban jusqu'à ce qu'il se brise et se déplace du disque; l'ouvrage est bientôt retardé de nouveau par une autre résistance venant de la nécessité de produire un autre détachement.

Ces arrachements successifs produisent, sur le bord du disque un profil vague et irrégulier assez éloigné d'un cercle, et il arrive même que l'outil rogne ces irrégularités en même temps qu'il brise le ruban principal. On voit alors, partant d'un même outil, deux rubans, l'un, extérieur, venant d'une cassure et l'autre d'une vraie coupure.

1. Il s'agit ici d'un extensomètre.

La fine poussière qui accompagne les gros morceaux arrachés d'une pièce tournée semble due à une action coupante secondaire.

***

On peut ainsi étudier la distribution des efforts dans un outil coupant pour les cas les plus compliqués et calculer l'intensité des forces agissantes à l'aide des bandes colorées.

Conclusions.

Les phénomènes de polarisation et de double réfraction sur lesquels sont basées les mesures des tensions intérieures dans les corps transparents, ont permis, pour ainsi dire, de rendre visibles des tensions intérieures que l'on ne pouvait autrefois évaluer qu'après de longs calculs difficiles.

Les nouvelles méthodes offrent aux ingénieurs de précieux moyens d'investigation, notamment dans les régions voisines des points d'application des forces extérieures; elles ont permis, d'autre part, de vérifier et de justifier les formules ordinaires de la résistance des matériaux à une certaine distance de ces points d'application ou de contact.

Elles sont aussi intéressantes pour l'étude des organes de machines et des outils que pour la vérification à l'aide de modèles à échelle réduite, des calculs compliqués tels que ceux des arcs de grande portée et des barrages de grande hauteur.

Nous tenons, pour terminer, à énumérer les principaux perfectionnements apportés tout récemment aux méthodes d'observation et de mesures.

a) Emploi de lumière *monochromatique*, approximativement monochromatique, si l'on use d'un écran coloré, ou rigoureusement monochromatique en cas de biréfringence d'ordre supérieur;

b) Emploi de nouveaux moyens de *compensation* : Bravais, adaptation d'une méthode goniométrique pour la mesure de $(v_1 - v_2)$;

c) Dans certains cas spéciaux, emploi de procédés très délicats pour la mesure du changement élastique :

soit de l'épaisseur du modèle : *latomètre* à contact matériel ou *latomètre purement optique*;

soit même des épaisseurs optiques : Favre, de Zurich, Fabry de Paris;

d) Utilisation plus simple de *procédés graphiques* basés uniquement sur la détermination de x et de $(v_1 - v_2)$;

e) Appareil à *autocollimation* pour certaines études de modèles en verre.

En Angleterre, cette méthode est d'usage courant dans une grande usine métallurgique (Cargo Fleet Works) pour la comparaison et l'étude de nouveaux profils.

Enfin, on songe à l'enregistrement des images à l'aide de l'ultra-cinématographe, ce qui permettrait l'étude de l'élasticité dynamique.

En France, il a été créé au Laboratoire des Ponts et Chaussées par M. Augustin Mesnager, il y a plus de vingt ans, un laboratoire de Photoélasticité.

Dans ces dernières années et encore actuellement, ce laboratoire procède très activement, avec la collaboration scientifique de M. Tesar aux solutions photoélasticimétriques de nombreux problèmes constructifs : barrages, ponts et charpentes, plaques tubulaires des chaudières, pièces d'avions et de moteurs.

Edmond Marcotte.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Borel (E). — **Principes d'algèbre et d'analyse.** — 1 *vol. de* 311 *p., avec* 56 *fig., de la* Bibliothèque d'Education scientifique. *Albin Michel, éditeur* (*Prix, broché* : 7 *fr.* 50).

Comme l'indique le titre, cette collection se propose de donner à ses lecteurs, le moyen d'acquérir une véritable éducation scientifique sans aucune préoccupation d'examen ni de concours.

Aux programmes officiels on peut constater que l'on peut retrancher beaucoup et qu'on doit y ajouter un peu si l'on se propose simplement de faire connaître ce qu'il y a d'essentiel dans les résultats généraux de la science.

Ce sera précisément l'objet des volumes de cette collection qui s'adresse à tous ceux qui ne possèdent des sciences que les éléments tels qu'on les enseigne dans les lycées et les collèges en vue du baccalauréat. Sans doute aussi qu'ils intéresseront certains de ceux qui, ayant fait des études scientifiques, plus élevées, les ont plus ou moins délaissées.

En publiant en premier lieu dans cette bibliothèque un ouvrage de mathématiques, M. Borel a obéi à une nécessité logique, les mathématiques étant utiles aux autres sciences et ne les supposant pas.

Se conformant au programme général de la collection, ce volume, sur les principes d'algèbre et d'analyse, s'efforce d'aller le plus loin possible, et il y sera question d'équations aux dérivées partielles et d'intégrales curvilignes qui ne figurent pas aux programmes des mathématiques spéciales, alors que cependant il est laissé de côté bien des matières de ces programmes.

Le Ier chapitre est relatif aux équations algébriques linéaires et aux formes linéaires; le chapittre II à la dérivée et à l'intégrale; le chapitre III aux fonctions logarithmiques et exponentielles; le chapitre IV aux équations différentielles et linéaires, le chapitre V aux équations différentielles aux dérivées partielles, le chapitre VI aux équations différentielles totales et aux intégrales curvilignes. Deux notes terminent l'ouvrage : la première sur les notations mathématiques, et la deuxième sur les déterminants du troisième ordre et d'un ordre quelconque.

Il est inutile de répéter que cet ouvrage s'adresse à un public bien plus étendu que celui pour lequel il a été conçu; la clarté de la rédaction et les larges horizons qu'il fait entrevoir séduiront tous les lecteurs.

L. P.

2° Sciences physiques.

Findlay (Alexandre). — **Introduction to physical Chemistry.** — 1 *vol. in* 8° *de* 492 *p. édité chez Longmans, Green and C°, Londres, New-York, Toronto,* 1933 (*Prix : 7 sh* 6).

La science complexe et mal délimitée que l'on désigne sous le nom de Chimie Physique a déjà fait l'objet de bien des exposés systématiques. La plupart d'entre eux sont fort touffus et tendent à prendre une allure d'encyclopédie. Si l'on réfléchit que les frontières qui séparent la physique de la chimie deviennent de jour en jour moins tranchées, que leurs techniques se pénètrent et que la nature même de leurs préoccupations tend à s'unifier, on ne sera pas étonné de voir s'étendre en même temps le nombre des problèmes qui relèvent à la fois des deux sciences. Aussi leur exposé dans un espace restreint devient-il de plus en plus difficile.

M. Findlay a tenté néanmoins de rendre service aux étudiants en réunissant sous un volume relativement petit les résultats essentiels de la chimie physique traditionnelle, et s'est efforcé en même temps de tenir compte des découvertes et des théories les plus récentes afin de donner à son exposé une allure vraiment moderne. Il a choisi les chapitres que son expérience de l'enseignement lui ont fait apparaître comme les plus importants et a tenté de les traiter avec netteté et simplicité dans le nombre de pages minimum.

Il est certain que l'étudiant débutant tirera le plus grand profit de son livre. Après un chapitre d'introduction sur la constitution de la notion et la structure des atomes, il aborde le domaine classique des propriétés des gaz, des liquides et des solides. L'aspect théorique est presque complètement laissé de côté; par contre les appareils servant à mesurer les principales constantes (sans oublier la viscosité ou la tension superficielle) sont soigneusement décrites. L'auteur passe ensuite à l'étude des solutions diluées et des électrolytes. Ce n'est qu'après tous ces préliminaires qu'il arrive aux lois de la thermodynamique, à l'étude des équilibres physico-chimiques, de la vitesse des réactions et de la catalyse. Dans la dernière partie de l'ouvrage se trouvent développées les conséquences de la loi d'action de masse et de la règle des phases. De courts chapitres donnent quelques notions sur la photochimie, sur l'adsorption, sur l'état colloïdal.

Cette énumération, tout incomplète qu'elle soit, suffit à montrer que l'on ne peut chercher dans un ouvrage de ce genre autre chose qu'un point de départ pour l'instruction des étudiants. L'auteur n'a pas eu d'autre but que de fournir à ses lecteurs une base pour leur travail ultérieur, et, à ce point de vue, il nous paraît avoir atteint son but. Il est évident que le choix des questions traitées, bien que dicté par le désir de respecter une tradition déjà ancienne, n'en reste pas moins fort arbitraire.

On ne voit pas bien, par exemple, pourquoi un traité, même élémentaire, de chimie physique, se bornerait presque exclusivement aux propriétés mécaniques, thermiques et électriques de la matière, sans se préoccuper du rayonnement qu'elle peut émettre ou absorber. La technique spectroscopique, ou celle des rayons X, pour ne citer que celles-là, ont apporté à la chimie physique une aide aussi aussi grande que la cryoscopie ou l'ébullioscopie et il n'y a, à notre sens, aucune raison pour ne pas leur faire, dans un ouvrage de ce genre, une place aussi large qu'aux techniques traditionnelles. Nous ne faisons pas cette remarque dans un esprit de critique, mais seulement pour souligner l'arbitraire qui subsiste obligatoirement dans le choix des sujets traités dans un livre de ce type.

Sous cette réserve nous ne pouvons que recommander aux étudiants sa lecture. Ils trouveront même à la fin une collection d'exercices numériques judicieux qui leur permettront de perfectionner sur bien des points leurs connaissances.

Disons pour terminer que la qualité de l'impression et du papier est très satisfaisante et tout à fait digne d'éloges.

Eugène Bloch.

***

Kohler (Waltor) et **Rompe** (Robert). — **Die elektrischen Lenchtrohten.** — 1 *vol. in-8° de* 96 *p., édité chez Vieweg und Sohn, Braunschweig* 1933 (Prix : 6,80 *marks*).

Ce nouveau fascicule de la Collection Vieweg a été suscité par les progrès récents de l'éclairage par tubes luminescents. Les tubes luminescents utilisés au début (tubes à mercure et à néon) nécessitaient en général des tensions élevées et leur rendement lumineux restait faible. Des progrès successifs ont été réalisés et ont permis de travailler avec les tensions ordinaires des secteurs (220 et même 110 volts), tout en augmentant le courant dans le gaz et par conséquent le rendement lumineux. Ces progrès ont été obtenus par une étude patiente des conditions techniques du fonctionnement de ces tubes, nature du niques du fonctionnement de ces tubes : choix de la forme des électrodes et des tubes, nature du gaz ou de la vapeur lumineuse, abaissement de la chute cathodique par l'emploi des cathodes incandescentes, etc. C'est cette évolution que les auteurs décrivent brièvement, en évitant toute complication mathématique et en se bornant à donner de nombreuses figures, des schémas et tableaux numériques. Comme les auteurs ont travaillé sous la direction de Pinami dans le Laboratoire de la Société Osram, ils décrivent naturellement de préférence les modèles de lampes de cette firme. Leur exposé n'en est pas moins instructif et donne une idée fort exacte des progrès accomplis.

E. B.

***

Perrin (J.). — **Les éléments de la physique.** — 1 *vol. de* 528 *p., de la Bibliothèque d'éducation par la Science, de* M. Borel. *Albin Michel, éditeur* (*Prix, broché :* 30 fr.

Nous avons déjà donné le programme général de la collection à laquelle appartient le présent volume, en présentant à nos lecteurs les principes d'algèbre et d'analyse, de M. Borel.

L'auteur a tenté ici de tracer à grandes lignes, une esquisse très simplifiée de la physique. Il a laissé de côté tout d'abord, dans ce que nous pouvons observer, tout ce qui en fait n'a été prévu ou coordonné que parce qu'on a su imaginer certaines structures ou certaines propriétés non perçues par nos sens. Il sera donc employé, presque uniquement ici, les méthodes par lesquelles s'est construite la thermodynamique procédant par analogie et généralisation.

Après quoi il sera possible d'essayer en atomistes d'utiliser pour la prévision ou la compréhension des phénomènes observables l'ordonnance secrète de la matière, ou de la lumière, ou de tout autre constituant de l'univers.

M. Perrin s'est efforcé d'écarter ce qui serait seulement détail technique, mais de donner en revanche son plein développement à tout raisonnement proprement physique, ainsi qu'il convient quand on a pour but, comme les ouvrages de cette collection, de faire de l'éducation par la science et de rendre l'esprit plus apte sinon à la découverte ou du moins plus épris d'idées générales.

L'auteur insiste sur la signification et sur le contenu de ces principes indémontrables où les physiciens sont parvenus à condenser sous forme de règles qui marquent certaines limites du possible, un matériel énorme d'observations éparses. Dans le même sens il a distingué ce qui n'est qu'habitude intellectuelle et ce qui est nécessité logique.

Le chapitre Ier concerne la forme et le mouvement, le chapitre II, la lumière; le chapitre III, la relativité de l'espace et du temps; le chapitre IV, les efforts et le travail; le chapitre V, les charges en mouvement, le chapitre VI, l'inertie; le chapitre VII, l'énergie; le chapitre VIII, l'évolution, le chapitre IX, les sortes diverses de matières, et le chapitre X et dernier, la radiation isotherme.

Ce volume où se reconnaissent toutes les qualités de l'éminent professeur, forme le digne pendant du précédent ouvrage de M. Borel sur les principes d'algèbre et d'analyse.

L. P.

3° Sciences naturelles.

De Launay (**L**.). — **Cours de géologie appliquée.** — *Librairie polytechnique Béranger.* — 1 *vol. in-8° raisin de* 460 *p., avec* 200 *fig.* (*prix relié :* 90 *fr.*

Cet ouvrage doit être pris pour ce qu'il est, c'est-à-dire pour la fixation d'un enseignement oral, les

détails qui ne peuvent figurer par conséquent ici sont à rechercher dans le *Traité de Métallogénie* du même auteur.

Le domaine de la Géologie appliquée est extrêmement vaste et l'auteur aurait pu faire entrer dans son cours toutes les applications de la géologie, mais ce cours de l'Ecole des Mines ne saurait envisager ces applications multiples qui restent circonscrites à la recherche des matières minérales utiles. L'auteur laissera même de côté ici les combustibles minéraux solides dont l'étude est faite dans le cours de Minéralogie générale.

Cet ouvrage est donc limité, en fait, à la recherche des conditions de gisement. Il est divisé en deux parties : le premier chapitre de la première partie concerne la répartition des éléments chimiques dans l'écorce terrestre; le chapitre II étudie les phénomènes actuels pouvant servir à expliquer la formation des gîtes métallifères; le troisième enfin, le plus important au point de vue qui nous occupe, se rapporte aux différents types de gisements.

La deuxième partie renferme 30 chapitres qui sont relatifs chacun à une substance minérale déterminée. Ils ont été rédigés en suivant l'ordre de la classification métallogénique. Pour chaque élément, l'auteur a recherché dans quelles conditions il se présente sur le globe et quelles en sont les différentes combinaisons utiles; puis il étudie alors séparément chacune de ces combinaisons de la façon suivante : *a*) aperçus sur la demande et la consommation de ces matières; *b*) production de la substance, commerce, statistique, grandes régions productrices; *c*) classification, et étude des gisements dans l'ordre suivant : inclusions, ségrégations, imprégnations diffuses, filons, altérations, gisements sédimentaires. A la fin du cours, un chapitre est réservé à l'étude des eaux thermominérales.

Dans cette dernière partie l'auteur a pu remettre au courant les statistiques et les compléter plus que ses leçons orales ont pu le comporter.

L. P.

***

De Beer (G. R.). — **Embryologie et Evolution**, *traduit de l'anglais par* Jean Rostand. — *1 vol. in-12 de 149 p. avec figures. Amédée Legrand, éditeur, Paris,* 1932 (*sans indication de prix*).

Le mystère de l'évolution, qui nous est si pénible, serait-il à la veille d'être dissipé? Depuis un siècle la question est posée et elle n'en est pas plus avancée pour cela, sauf ceci : de Beer distingue essentiellement deux catégories de variations évolutives; les unes apparaissent dans le jeune âge, et ce sont les pædomorphiques; les autres surviennent dans les stades avancés, ce sont les gérontomorphiques. Les pædomorphiques ne s'accompagnent ni d'une spécialisation structurale ni d'une adaptation étroite aux conditions d'existence; elles représentent la plasticité vitale, ménagent le potentiel évolutif. Ce sont elles qui, dans la transformation des espèces jouent le rôle prépondérant. Ou bien elles retentissent d'emblée sur l'adulte, ou bien elles n'intéressent d'abord que les stades juvéniles, pour atteindre ensuite l'adulte à la faveur d'un retard dans la répétition des caractères. L'évolution comporte des alternatives de gérontomorphose, avec spécialisation, adaptation, sénilité raciale et de pædomorphose, avec retour à la plasticité et rajeunissement racial.

Quand par un effet de la néoténie, des nouveautés évolutives propres aux jeunes stades se trouvent transportées dans l'âge adulte, et conséquemment admise à compter dans la phylogénèse, il en résulte pour l'espèce un changement brusque et de grande amplitude (de Vries). A cette sorte d'évolution, qui se prépare occultement avant de se manifester au grand jour, de Beer donne le nom pittoresque d'*évolution clandestine*. Il y verrait volontiers la raison des grandes discontinuités structurales qui trouent les séries évolutives, révélées par la paléontologie.

Pour de Beer, comme pour presque tous les biologistes modernes, les nouveautés évolutives relèvent de facteurs intrinsèques aux organismes. Se produisent-elles encore de nos jours, ou la gérontomorphose a-t-elle déjà trop ankylosé les formes vivantes pour qu'elle soit encore possible? Par quel moyen se réalise l'adaptation organique, et la sélection naturelle des variations fortuites suffit-elle à en rendre compte?

Quelques cas types évoqués sont singulièrement affirmatifs pour la théorie de de Beer, par exemple cette forme larvaire d'un myriapode qui, au moment de l'éclosion, offre une ressemblance parfaite avec un insecte.

J. B. M.

***

Thil (André). — **Description des sections transversales de 120 espèces de bois indigènes et exotiques**. — *Une brochure de 95 pages, accompagnée de 120 coupes pour examen à l'œil nu ou à la loupe. Berger-Levrault, éditeur, Paris.*

Mathieu et Nordlingen ont donné dans leurs ouvrages des descriptions du tissu des bois coupés transversalement. Les descriptions qui figurent dans celui-ci sont en grande partie tirées de leurs œuvres. Pourtant certaines d'entre elles ont été complétées pour faire ressortir les détails spécifiques des bois appartenant aux mêmes genres; enfin d'autres ont été faites pour la première fois. Certains caractères sont perceptibles sans instrument de précision, et visibles à l'œil nu ou aidé d'une bonne loupe. Ils se divisent en deux parties : les caractères physiques et les caractères anatomiques.

Chaque description donne l'espèce générale du bois étudié, puis le détail de l'anatomie d'un accroissement coupé transversalement et considéré isolément; les caractères de chaque espèce sont répétés dans chaque description. Les espèces sont désignées d'après les noms de la flore de Mathieu et rangées dans l'ordre adopté par lui.

Les descriptions sont suivies d'un résumé des tableaux de Mathieu pour la détermination rapide des genres indigènes, d'après l'examen des sections transversales.

La détermination des différentes espèces d'un même genre, plusieurs fois représentées dans les enveloppes réunies dans le boîtier qui accompagne la brochure, se fait à l'aide de petits tableaux supplémentaires intercalés dans le texte des descriptions, en tête de chacun des genres représentés par plusieurs espèces.

M. Guinier avait demandé à l'auteur de modifier le mode de montage des coupes afin de permettre leur étude à la coupe montée; aussi M. Thil a-t-il dû abandonner le système de présentation précédemment adopté, et isoler chaque espèce dans une petite enveloppe spéciale qui permet cette étude.

Les coupes ont été préparées par M. Tempere et sont d'une épaisseur qui leur permet de ne pas se briser dans les manipulations. M. Tempère a atteint le maximum de ce qui peut être obtenu dans un ouvrage de ce genre, présentant des coupes non montées sur verre; mais ce mode de présentation n'a pas permis de conserver dans la collection certaines espèces exotiques trop fragiles pour un montage de ce genre.

Les échantillons des forêts françaises et algériennes ont été prises autant que possible, dans la zone moyenne de l'habitat. Ceux des bois exotiques ont été fournis par M. Guinier, M. Magnien, et enfin par le directeur du Musée du Jardin colonial de Nogent-sur-Marne.

Cet ouvrage destiné surtout à l'instruction des jeunes générations forestières, sera aussi utile à tous ceux qui ont à s'occuper des bois.

L. POTIN.

*
**

Dubuisson (M.). **L'état actuel de nos connaissances sur la physiologie du muscle cardiaque des invertébrés.** — 1 *vol. in-8° de* 130 *pages. Les Presses universitaires de France (Prix : broché,* 35 *fr.).*

S'il existe des ouvrages récents et bien documentés sur la physiologie du myocarde des vertébrés, il n'en est pas de même en ce qui concerne les animaux inférieurs. Tout au plus trouve-t-on quelques indications générales sur le muscle cardiaque des Invertébrés dans les traités classiques de physiologie ou dans l'une ou l'autre monographie consacrée à la physiologie du cœur.

Les volumineux traités de physiologie comparée, souvent peu accessibles en raison de leur prix élevé, commencent à vieillir; en outre, différentes questions touchant à la physiologie du cœur y sont généralement rassemblées par embranchements zoologiques et il est souvent difficile, à ceux qui les consultent, de se faire une idée précise des liens physiologiques qui réunissent entre elles ces divers espèces et les rattachent d'autre part, aux vertébrés.

Dans la monographie que M. Dubuisson nous apporte aujourd'hui, les diverses propriétés physiologiques du cœur des invertébrés sont examinées par chapitres, avec tous les détails désirables. A chaque instant, l'auteur établit les relations entre les invertébrés et les vertébrés, en sorte que le livre de M. Dubuisson constitue, outre une source importante de documentation, un véritable travail de physiologie comparée.

L'auteur conclut que, chez les invertébrés, et chez les vertébrés, les propriétés du muscle cardiaque sont les mêmes, à des différences *quantitatives* près, et qu'une même propriété cardiaque peut se poursuivre, sans sauts, ni enjambements, d'un bout à l'autre du règne animal.

Ces conclusions et les faits sur lesquels elles s'appuient ne manqueront pas d'intéresser tant les zoologistes que les physiologistes.

Georges PINEAU.

4° Art de l'Ingénieur.

Barkhausen (D[r] H.). — **Les tubes à vide et leurs applications.** *Tome I.* **Principes généraux.** — 1 *vol. de* IV–172 *pages avec* 118 *figures. Dunod, éditeur. Paris,* 1933. *(Prix, broché: 39 fr.).*

Le livre de Barkhausen est le premier exposé rationnel de la théorie des tubes à vide employés à de multiples usages mais trop souvent avec une connaissance imparfaite de leurs possibilités d'utilisation; pourtant les lois physiques qui se trouvent à la base des diverses applications des tubes à vide sont simples et peu nombreuses; leur connaissance est indispensable au technicien qui pourra grâce à elles éviter maints tâtonnements et déterminer d'avance, par le calcul, les conditions les plus avantageuses pour l'établissement de ses appareils : ce sont ces lois fondamentales que l'auteur présente dans la première section de son ouvrage; il les groupe de façon rationnelle, cite les expériences auxquelles elles ont donné lieu et signale leurs conséquences pratiques.

Dans une seconde section Barkhausen complète heureusement son ouvrage en rappelant les lois générales qui régissent les circuits électriques dont l'usage est constant dans les diverses applications des tubes à vide.

La traduction très soigneuse de M. Lourie, les modifications qu'il a apportées au texte original pour introduire les notations employées en France rendent facile la lecture de ce livre dont nous ne saurions trop recommander l'étude aux constructeurs de lampes et d'appareils de T. S. F. aux ingénieurs radios, aux élèves des grandes écoles et des instituts d'électricité ainsi qu'aux amateurs de radiophonie.

L. P.

5° Sciences diverses.

Moller (Max). — **Poussée des terres.** — 1 *vol. de* 324 *pages, avec* 101 *figures et nombreux tableaux. Librairie*

Polytechnique Ch. Béranger, Paris, 1933 (*Prix : relié, 95 fr.*).

Malgré que la technique des travaux se soit considérablement perfectionnée au cours des dernières années, l'étude théorique et pratique de la poussée des terres ne s'est pourtant pas trouvée enrichie de manière sensible. Certes, il existe en France, ainsi qu'à l'étranger, des théories remarquables sur la question, celle de Resal est devenue classique; mais toutes ces théories ont voulu appliquer à une science essentiellement empirique les résultats de calculs qui relèvent de la mathématique pure.

Leurs auteurs ont pourtant des circonstances atténuantes. C'est que les recherches expérimentales et les études sur la poussée et la butée des terres impliquent des dépenses très importantes qui rendent ce champ d'investigations pour ainsi dire inaccessible.

Mais il n'en est pas moins certain que seule l'expérience dans ce domaine, peut aboutir à des résultats intéressants. M. Moller, l'auteur de cet ouvrage destiné déjà à un public averti s'en est souvenu; M. Moller se tient donc à la notion classique du prisme de plus grande poussée et se sert des méthodes graphiques de Revhann et de Poncelet.

La présente édition française des « Tables de poussée des terres » de M. Moller réunit en un seul volume, deux livres parus successivement à Leipzig.

La première partie donne les valeurs de la poussée groupées dans les tables selon les différents genres de terrains; les tables 1 à 8 sont relatives à la poussée et les tables 9 à 12 concernent la butée. Ces tables comportent également des subdivisions suivant l'état du terrain : sec, mouillé, noyé.

La deuxième partie offre la solution de cas plus compliqués comme par exemple l'étude d'un terrain stratifié, l'influence de la cohésion, la formation des surfaces de glissements circulaires, etc...

On y trouve également des exemples pour l'application des tables comme le calcul de la stabilité d'un poteau encastré dans le sol.

Si les tables de la première partie donnent les valeurs de la poussée pour les terrains d'un poids spécifique déterminé, celles de la deuxième partie se rapportent toutes à une densité égale à 1000 kg./m³.

Grâce à cette disposition l'auteur a pu augmenter considérablement, et sous une forme condensée, le nombre des valeurs numériques présentées.

Le traducteur a complété ces tables par des graphiques d'interpolation qui lui ont d'ailleurs permis de vérifier l'exactitude des valeurs déjà calculées, et d'y apporter même quelques corrections.

Les Ingénieurs des Administrations et des Entreprises privées s'occupant de travaux publics auront le plus grand intérêt à posséder le présent ouvrage dans leur documentation.

L. Potin.

***

Brunelli (G.). — **Le teorie sull'origine e l'evoluzione della vita, da Darwie ai nostri giorni.** — *1 vol. in-8° de* 198 *pages. Cappelli à Bologne,* 1933 (*Sans indication de prix*).

Sujet qui restera probablement sans solution... On peut très bien se représenter des variations limitées, d'espèce à espèce voisine, dues à des facteurs simples : habitat, climat, alimentation. Les animaux domestiques, avec leurs types fixés et non fixés permettent des vues certaines à ce sujet. Cependant, il y a des différences marquées avec ce qui se passe dans la nature, où telle espèce d'oiseaux, qui a pour habitat la Perse, se trouve parfois, en bandes assez nombreuses dans nos pays, mais ne s'y maintient pas, ne s'y adapte pas. Sans doute on peut dire que, sauf quelques espèces connues, et peu nombreuses, le stade où la transformation est possible, est passée, que nos espèces actuelles sont vieillies. Cela est vraisemblable. A l'antithèse est le postulat inadmissible des espèces immuables dès le premier couple formé. Assurément, seule l'évolution est plausible. Mais comment? de Vries? Aussi bien un livre tel que celui-ci, où sont retracés les travaux que Lamarck inaugura au XVIIIe siècle est-il des plus attachants. Il crée, à la lecture, un état d'esprit qui ne fait que préciser le problème : cela est déjà beaucoup.

J. B. M.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Octobre 1933.

Ernest Esclangon : Sur la pluie d'étoiles filantes du 9 octobre 1933. — M. **M. Ghermanesco** : Sur les équations aux différences finies. — **W. Nikliborg** et **W. Stozek** : Sur les potentiels logarithmiques des doubles couches. — Mlle **H. Szmuszkowiczowna** : Les fonctions quasi analytiques. — **Jacques Devisme** : Sur les fonctions hypergéométriques et une de leurs extensions. — **Stanislas Kolodziejczyk** : Sur l'erreur de la seconde catégorie dans le problème de M. Student. — **J. Leroux** : Sur une hypothèse de Poincaré. — Mme **M. L. Dubreil-Jacotin** : Sur la détermination rigoureuse des ondes permanentes périodiques d'ampleur finie. — **Gustave André Mokrzycki** : Sur la possibilité de décollage et d'atterrissage des avions à l'aide d'une fusée. — **A. Buhl** : Propagations très générales indifféremment ondulatoires ou corpusculaires. — **P. Chambadal** : Le dégazage fractionné des eaux chaude et froide dans le procédé Claude-Boucherot. — **Georges Claude** : Observations sur la Communication précédente. — **Jacques Winter** : Sur la théorie de la diffusion des électrons de hauts voltages. — **R. Freymann** et **A. Naherniac** : Etude des spectres d'absorption de dérivés benzéniques vers le 1µ, 0, à l'aide d'un spectromètre enregistreur. — **A. Dufour** : Sur un interféromètre à faisceaux polarisés. — **L. Médard** et **H. Volkringer** : Sur l'effet Raman de l'acide nitrique seul ou en solution. — **P. Swings** et **M. Migeotte** : Sur la fluorescence des molécules diatomiques d'arsenic. — **G. G. Bredeag** : Système physique des éléments. — **Edouard Rencker** : Etude dilatométrique de quelques verres ternaires silice-soude-glucine. — **R. Cornubert** et **M. de Demo** : L'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone trans de Skita doit être un isomère cis. — **Jacques Bourcart** : Sur la situation stratigraphique et l'âge probable de la formation des dépôts oolithiques et les mouvements de l'écorce terrestre. — **Jean Barlot** : La pyrogénation des schistes bitumineux du Jura franc-comtois. — **V. Frolow** : Composante undécennale du Nil et du Soleil. — Mme **F. Bayard-Duclaux** : Influence de l'eau d'imbibition des roches sur leur conductibilité électrique. — **C. Arambourg** : Observations sur la bordure nord du lac Rodolphe. — **Pierre Dangeard** : Sur le vacuome des grains de pollen et des tubes polliniques. — **Raymond Hamet** : Sur l'identité de la corynanthéine de Karrer et de l'alcaloïde amorphe extrait par Fourneau du pseudo *cinchona africana*. — **H. Geslin** : Loi de croissance du blé en fonction des facteurs du climat. — Mlle **A. Michaux** : Les teneurs du sang total en calcium total et l'élimination de cet élément par la voie rénale au cours du scorbut chronique et du scorbut aigu. — **Maurice Rose** : Sur un Infusoire Froettingéridé parasite des Siphonophores. — **Jean Feldmann** et **Adrien Davy de Virville** : Sur les relations entre les conditions physiques et la flore des flaques littorales de la côte des Albères. — **Raoul M. May** : La formation des terminaisons nerveuses dans les ventouses du bras régénéré du Céphalopode (*Octopus vulgaris* Lam). — **H. M. Fox** et **J. Roche** : Sur la chlorocruorine cristallisée.

Séance du 30 Octobre 1933.

E. J. Gumbel : La plus petite valeur parmi les plus grandes et la plus grande valeur parmi les plus petites. — **J. Schreier** et **S. Ulam** : Sur les transformations continues des sphères euclidiennes. — **Luigi Fantappie** : Intégration par quadratures de l'équation parabolique générale à coefficients constants sur les caractérististiques. — **J. Le Roux** : Sur les caractéristiques des équations aux dérivées partielles du premier ordre. — **J. Rey Pastor** : Sur l'application de la méthode de Borel aux séries qui ont des termes nuls. — **G. Tzitzeica** : Sur les fonctions rationnelles osculatrices à une fonction analytique. — **Pierre Copel** : Propagation d'une onde plane associée au mouvement d'un corpuscule. — Mme **G. Camille Flammarion** et M. **F. Quénisset** : L'observation et la photographie des météores du 9 octobre 1933. — **Emile Sévin** : Sur la nature des ondes et des corpuscules. — **H. Spindler** et **R. Coustal** : Prévision du pouvoir photo-électrique de certains corps à partir d'un nombre structural lié à la formule de ces corps. — **Jean Amiel** : Sur la combustion lente du benzène : vitesse de la réaction. — **R. Etienne** : Sur le déplacement de l'équilibre à volume constant. — Mlle **M. L. Josien** : Action de l'eau d'iode sur l'azotate d'argent ; étude cinétique. — **E. Aubert de la Rue** : Contribution à l'étude géologique de la Cordillère occidentale des Andes de Colombie. — **Maurice Collignon** : Le trias inférieur marin du nord de Madagascar et sa faune de Céphalopodes. — **J. P. Arend** : La composition et la structure des couches sédimentaires en fonction des équilibres orogéniques. — **A. Dauvillier** : Observation des Aurores polaires au Scoresby Sund pendant l'année polaire. — **Ad. Davy de Virville** : La flore et les conditions physiques des flaques du littoral de l'Océan Atlantique et de la Manche. — **J. Millot** et **R. Jonnart** : Sur la présence de corps à fonction phénolique libre dans le sang des araignées. — **Polack** : Sur la vision des couleurs et ses anomalies. — **R. Grain** : Le traitement électrique des laryngites catarrhales chroniques.

ACADEMIE DE MÉDECINE DE PARIS

Séance du 10 Octobre 1933.

A propos du procès verbal. — M. **Regaud** : Sur l'existence ou l'absence de phénomènes d'irritation cellulaire et d'inflammation et sur l'importance relative des facteurs locaux et des facteurs généraux dans la préparation des tissus à la cancérisation.

Correspondance officielle. — M. le **Ministre de la Santé publique** : Affections épidémiques. — Lettre demandant à l'Académie d'établir une liste de trois membres à proposer au choix du Ministre, en remplacement de M. **Hanriot**, au Conseil supérieur d'Hygiène publique de France.

Correspondance non officielle. — M. **Skevos Zervos** (d'Athènes) : Envoi d'un ouvrage intitulé : *La maladie des pêcheurs d'éponges nus.*

Nécrologie. — Décès de M. **Recasens** (de Madrid) : Allocution de M. **le Président**.

Déclaration de vacance.

Conseil supérieur d'Hygiène publique de France. — MM. **Sieur**, **Bezançon** et **L. Camus** sont proposés au choix de M. **le Ministre de la Santé publique** en remplacement de M. **Hanriot**.

Présentation d'un ouvrage imprimé. — MM. **Nobécourt** et **Boulanger-Pilet** : *Thérapeutique hydro-climatologique en pédiatrie.*

Communications. — MM. **Levaditi**, **Vaïsman** et Mlle **Manin** : Métallo-prévention bismuthique de la syphilis chez les singes catarrhiniens inférieurs et les anthropoïdes. — MM. **Rouvière** et **Valette** : Rôle des ganglions lymphatiques dans la circulation de la lymphe.

Séance du 17 Octobre 1933.

Correspondance officielle. — M. **le Ministre de la Santé publique** : Affections épidémiques.

Correspondance non officielle. — M. **Ombrédanne** : Lettre de candidature.

Présentations d'ouvrages imprimés. — M. **Rimbaud** (de Montpellier) : *Précis de neurologie.* — M. **Remy Collin** (de Nancy) ; *L'hypophyse, travaux originaux et études.*

Vœux au Dr E. Roux.

Election du trésorier.

Fixation de la date.

Déclaration de vacance.

Nécrologie. — Notice nécrologique sur M. **Hanriot**, par M. **Delépine**.

Communications. — MM. **Calmette**, **Weill-Hallé**, **Sasenz** et **Costil** : Démonstration expérimentale du passage des bacilles-vaccins B.C.G. à travers la muqueuse de l'intestin chez l'enfant et chez le singe. — M. **Camus** : Trente ans de fonctionnement de l'Institut supérieur de Vaccine.

Lectures. — M. **Keiffer** (de Bruxelles) : Le mécanisme anatomique de la menstruation dans l'utérus humain (Présentation par M. **Bar**). — M. **Crouzel** : Traitement des diarrhées infantiles par le borate de soude.

Séance du 24 Octobre 1933.

Correspondance officielle. — M. **le Ministre de la Santé publique** : Affections épidémiques. Lettre informant l'Académie de la nomination de M. **Sieur** pour la représenter au Conseil supérieur d'Hygiène publique de France.

Correspondance non officielle. — **Société de Chimie biologique** : Lettre invitant l'Académie à se faire représenter au Centenaire de la découverte de la diastase. — MM. **Crouzon**, **Noël Fiessinger**, **Laignel-Lavastine**, **Chevassu** et **Terrien** : Lettres de candidature au titre de membre titulaire. — M. **Molinéry** : Lettre de candidature au titre de correspondant national.

Présentations d'ouvrages imprimés. — M. **Auguste Petit** : *Deuxième table générale des Comptes rendus de la Société de Biologie* (2e partie). — MM. **Laubry**, **Giroux** et **Marchal** : *Traité d'hématologie.*

Communication. — M. **Dinguizli** : Alcoolisme et lagminisme en Tunisie.

Nécrologie. — Décès de MM. **Lignières**. Allocution de M. **le Président**. — Notice nécrologique sur M. **Recasens**, par M. **Couvelaire**.

Rapport. — M. **Sergent** : La valeur de la cure sanatoriale dans le traitement de la tuberculose pulmonaire.

Lectures. — MM. **Mussio-Fournier** et **Porzecanski** : Les troubles ostéo-articulaires dans l'acromégalie. Arthropathie pseudo-tabétique d'origine acromégalique (Présentation de M. **Souques**). — MM. **Roch**, **E. Martin** et **Sciclounoff** : Des grandes injections intraveineuses de glucose et de leurs effets sur la pression artérielle. — M. **Courmont** : La bacillémie tuberculeuse. Rôle des bacilles « nus » de la tuberculose. — Discussion : MM. **Sergent**, **Courmont** et **Ravaut**. — M. **Mouriquand** : Epidémies pseudo-infectieuses et dystrophies inapparentes.

Séance du 31 Octobre 1933.

Correspondance officielle. — M. **le Ministre de la Santé publique** : Affections épidémiques.

Correspondance non officielle. — MM. **Pagniez** et **Villaret** : Lettres de candidatures au titre de membre titulaire. — MM. **Sendrail** (de Toulouse) et **Petridis** (d'Alexandrie) : Lettres de candidatures au titre de correspondant.

Présentation d'un ouvrage imprimé. — M. **Gauvreau** (de Québec) : « Les médecins au Canada français ».

Nécrologie. — Décès de M. **Calmette** : Allocutions de M. **le Président** et de M. **Vaillard**. — Notice nécrologique sur M. **Lignières**, par M. **Brocq-Rousseu**.

Election du trésorier. — M. **Jules Renault** est élu en remplacement de M. **Hanriot**, décédé.

Communications. — M. **A. Lumière** : A propos de la mort des rongeurs exposés au soleil (Présentation faite par M. **Cazeneuve**). — MM. **Blanc**, **Noury**, **Baltazard** et **Barnéoud** : Essais de vaccination humaine contre le typhus exanthématique avec un vaccin vivant.

Lectures. — M. **Noël Fiessinger** : L'asynergie fonctionnelle hépatique à l'état normal et pathologique. — M. **Crouzon** : Dix ans de fonctionnement d'un service d'observation et de triage neuro-psychiatrique à la Salpêtrière (1923-1933). — MM. **Devraigne**, **Valtis** et **van Diense** : Infection transplacentaire due à l'ultravirus tuberculeux chez un nouveau-né ayant présenté le syndrome de dénutrition progressive.

Séance du 7 Novembre 1933.

Correspondance officielle. — M. **le Ministre de la Santé publique** : Affections épidémiques. — M. le

Ministre de l'Education nationale : Ampliation du décret autorisant l'acceptation d'un legs. — M. **le Maire du Mans** : Lettre invitant l'Académie à l'inauguration du monument Delagenière. — M. **le Maire de Gaillac** : Lettre invitant l'Académie à se faire représenter à une cérémonie commémorative en l'honneur de Portal.

Correspondance non officielle. — **Congrès international des Sciences anthropologiques et ethnologiques** : Lettre demandant à l'Académie de désigner un délégué à ce Congrès. — MM. **Clerc**, **Laubry**, **Sézari**, **Grégoire** et **Robineau** : Lettres de candidature au titre de membre titulaire.

Nécrologie. — Décès de M. **Roux** : Allocution de M. **le Président**. — Allocution de M. **Vaillard**.

Présentations d'ouvrages imprimés. — MM. **Villaret** et **Moutier** : *Les cures thermales en gastro-entérologie.* — M. **Carles** (de Bordeaux) : *Thérapeutique appliquée.*

Commission de l'alcoolisme. — M. **Carnot** est désigné comme membre de la Commission en remplacement de M. **Chauffard**.

Election. — MM. **Forssell** (de Stockholm) et **Nolf** (de Liége) sont élus correspondants étrangers dans la quatrième division (Sciences biologiques, physiques, chimiques et naturelles).

Communications. — MM. **Etienne** et **Verain** : Fréquence des grands accidents d'infection d'origine dento-bucco-pharyngée. — MM. **Loir** et **Bohec** : Prophylaxie de la fièvre typhoïde dans la Marine marchande.

Lectures. — M. **Lucien Cornil** : Essai de classification des tumeurs neuro-ectodermiques primitives de la moelle épinière, des racines et de leurs enveloppes. — MM. **Kling** et **Florentin** : Rôle que peuvent jouer les boissons acides et alcooliques dans la prophylaxie de la fièvre typhoïde. — M. **Molinéry** : Le radio-vaporarium sulfuré de Luchon.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 7 Juillet 1933.

M. **I. Peschès** : *Pouvoir rotatoire en solutions très étendues.* Les expériences de l'auteur ont été entreprises en vue de vérifier les hypothèses de M. Darmois, qui rendent compte des anomalies des tartrates par la « déformation » et la « désolvation » des ions tartriques. La loi d'Oudemans a été parfaitement vérifiée pour les tartrates alcalins et alcalino-terreux. Les résultats sont assez faciles à interpréter en admettant que la variation du pouvoir rotatoire est une fonction linéaire du potentiel ionique de Debye et Huckel. L'introduction de la différence de rayon des sphères de protection d'un ion par rapport aux anions semble pouvoir conduire à l'explication des courbes descendantes sans faire appel à l'hypothèse de la « désolvation ». — M. **H. Devaux** : *Etude expérimentale des affinités physiques de la surface des corps, simples et composés, par l'attraction interfaciale de l'eau et d'un autre liquide non miscible.* L'auteur décrit une série d'expériences remarquables, qui l'amènent à formuler les conclusions suivantes : 1° Tous les corps simples les plus usuels et un très grand nombre de corps composés n'ont qu'une mouillabilité imparfaite à l'égard de l'eau, ce qui permet à leur poudre de flotter sur l'eau moyennant certaines précautions. 2° Tous aussi sont fortement attirés par l'interface eau et liquide lipoïdique. Lorsqu'en effet on les réduit en poudre et les agite simultanément avec de l'eau et un liquide lipoïdique quelconque (benzine, éther de pétrole, CCl^4, etc.), les poudres s'accumulent en quantités très importantes à l'interface. L'accumulation dans ce second cas est très facile et très stable, et elle porte sur des quantités importantes de matière quand celle-ci est en grains ou grumeaux volumineux. 3° Cette rétention remarquable constitue en réalité une adsorption véritable, qui porte sur des particules grossières au lieu de porter sur des molécules. La démonstration est donnée par le fait que pour certaines substances l'accumulation par l'interface hydrolipoïde va jusqu'aux molécules elles-mêmes ; c'est alors une adsorption proprement dite, qui peut aboutir à l'insolubilisation de la substance. — M. **H. Devaux** : *Production de véritables membranes par des poussières, des précipités ou des molécules adsorbés sur des surfaces liquides.* L'auteur montre expérimentalement l'existence positive de productions membraneuses monoparticulaires ou monomoléculaires à l'interface de l'eau et d'un liquide lipoïdique quelconque (benzine, toluène, $CHCl^3$, CCl^4, éthers du pétrole, huile de paraffine, huiles grasses, etc.). Leur obtention très facile avec des substances extrêmement variées et leur grande stabilité finale permettent de penser qu'elles se produisent dans une multitude de circonstances : Mousses, émulsions, suspensions colloïdales, etc. Elles doivent jouer dans les êtres vivants des rôles variés et importants, spécialement dans la morphogénèse et dans toutes les actions de surface. — A propos de la Communication précédente, M. **Trillat** signale qu'en collaboration avec M. Leprince-Ringuet il a effectué récemment, par la méthode des tensions interfaciales, des expériences sur les phénomènes moléculaires à la surface de séparation huile-eau.

L. Br.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 12-33.